جامعة القاهرة
كلية الزراعة - قسم المحاصيل

تحسين المحاصيل خلطية الإخصاب

إعداد :
د . أحمد مدحت محمد النجار
أستاذ المحاصيل المساعد

١٩٩٠

فهـــــرس

تربية المحاصيل خلطية الاخصاب

Breeding Cross-Pollinated Crops

من وجهة نظر المربى تنقسم معظم المحاصيل الحقلية طبقا للطريقة الطبيعية التى يتم بها التلقيح الى مجموعتين :

أ- مجموعة المحاصيل ذاتية الاخصاب عادة Self-pollinated crops

ب - مجموعة المحاصيل خلطية الاخصاب عادة Cross-pollinated crops

وهناك مجموعة يحدث بها كلا النوعين من التلقيح الذاتى والخلطى وتسمى مشتركة الاخصاب وتتراوح نسب التهجين الطبيعى أو التلقيح الذاتى الطبيعى داخل هذه المحاصيل حسب : (أ) صنف أو سلالة المحصول (ب) الظروف الموسمية السائدة (جـ) شدة اتجاه الريح وقت التلقيح (د) عشائر الحشرات الموجودة بالمنطقة .

وتشمل مجموعة المحاصيل خلطية الاخصاب عادة العديد من المحاصيل مثل الذرة الشامية والبرسيم الحجازى (الألفالفا) والبرسيم المصرى وعباد الشمس- وبنجر السكر والراى والقرطم .. الخ . وهناك العديد من العوامل التى تؤدى الى استبعاد التلقيح الذاتى أو تشجيع التلقيح الخلطى فى هذه النباتات أهمها مايلى :

أ- العقبات الميكانيكية للتلقيح الذاتى

ب - وجود فترات نضج مختلفة للقاح والمياسم

جـ - وجود ظواهر عدم التوافق (التنافر) الذاتى والعقم الذكرى

د - وجود الأزهار أحادية المسكن Monoecious أو ثنائية المسكن Dioecious

ويعتبر الذرة الشامية نبات مثالى أحادى المسكن يحمل الازهار المذكرة فى الشوشة Tassel والازهار المؤنثة فى الكوز (Ear (Shoot وتنتقل حبوب اللقاح بواسطة الرياح لذا يكون التلقيح الخلطى هو القاعدة بالرغم من أن التلقيح الذاتى قد تصل نسبته الى ٥ ٪ أو أكثر .

وفى الراى تخرج المتوك عادة من الأزهار وتنشر حبوب اللقاح بالخارج بعد تشقق المتوك وتظل أزهار الراى مفتوحة عادة لفترات طويلة من الزمن وبالتالى تسهل حدوث التلقيح وتتميز معظم محاصيل العلف النجيلية بأنها تتلقح بواسطة الرياح وبها نسبة عالية من التلقيح الخلطى . وفى البراسيم المختلفة والألفافا توجد ظاهرة عدم التوافق الذاتى التى تسبب اجهاض الأجنة الناتجة من التلقيح الذاتى بينما تتكون الأجنة الناتجة من التلقيح الخلطى بطريقة طبيعية .

.. .. ..

الأسس الوراثية لتحسين المحاصيل الخلطية

أ- التركيب الوراثي للعشائر خلطية الاخصاب :

تصمم الطرق المستعملة فى تربية المحاصيل المختلفة بحيث تستغل التراكيب الوراثية السائدة فى عشائر المحصول الذى يعمل عليه المربى بطريقة فعالة وهذا يعنى أن طرق تربية المحاصيل خلطية التلقيح تختلف تماما عن الطرق المستخدمة فى المحاصيل ذاتية التلقيح ، كما أن التراكيب الوراثية والتكاثرية للمحاصيل خلطية التلقيح الرئيسية تختلف فى تفصيلاتها من محصول لآخر بحيث أن طرق التربية قد تختلف لحد ما بين المحاصيل الخلطية المختلفة بخلاف المحاصيل ذاتية التلقيح ، ونظرا لان طرق التربية ليست محددة بوضوح كما فى المحاصيل ذاتية التلقيح وتختلف حسب المحصول الذى يعمل عليه المربى فان الطرق العامة لتربية المحاصيل الخلطية هى التى سوف يتم استعراضها مع الاشارة الى التحويرات المستخدمة فى تربية بعض المحاصيل الخلطية .

ويؤدى التزاوج الحر الذى يميز عشائر المحاصيل خلطية الاخصاب الى أن التراكيب الوراثية الموجودة فى أى عشيرة طبيعية أو صنف مفتوح التلقيح تتصف بأنها :-

١- كل نبات تركيبه الوراثى خليط Heterozygous

٢- التراكيب الوراثية للنباتات المختلفة غير متماثلة Heterogeneous

وعند تربية المحاصيل الخلطية يجب الحفاظ على الحالة الخليطة للنباتات Heterozygosity كما أن وجود الأعداد غير المحدودة من التوافيق الجينية يؤدى الى أن أى نباتين فى عشيرة ما لايمكن أن يكونا متماثلين فى تركيبهما الوراثى ، كما أنه نتيجة للتلقيح الخلطى الطبيعى يعيد كل جيل تجميع الجينات بصورة مختلفة عن الجيل السابق وبالتالى لايكون أبدا التركيب الوراثى للعشيرة هو نفسه تماما كما فى الأجيال التالية ، حيث أن التراكيب الوراثية

المتأقلمة يزيد انتاجها من البذور وبالتالى تزداد نسبتها فى العشيرة على حساب التراكيب الوراثية غير المتأقلمة . ويمكن الاسراع من هذا التحـــول ناحية التراكيب الوراثية الاكثر تأقلما بواسطة طرق الانتخاب التى ينفذهـا المربى وبواسطة ظروف التقسية البيئية التى تتعرض لها العشيرة. ولكن أحد عقبات الانتخاب هو الارتباط بين الجينات الغير مرغوبة والجينات المناسبـــة للأقلمة .

ب - قانون هاردى - واينبرج Hardy-Weinberg Law

وينطبق على العشائر مفتوحة التلقيح من المحاصيل خلطية الاخصـــاب قانون هاردى - واينبرج الذى اقترحه كل من هاردى فى انجلترا سنة ١٩٠٨ ، وواينبرجفى المانيا سنة ١٩٠٩ واللذان كانا يعملان مستقلين عن بعضهمـــا . وينص هذا القانون على أنه فى العشيرة الكبيرة جدا والتى تتزاوج عشوائيـا فان تكرار اليلات الجين الواحد ($p(A) + q(a) = 1$) وتكرار التراكيب الوراثية يظل ثابتا من جيل لآخر كما هو موضح فى المعادلة التالية :-

$$(p^2(AA)+2pq(Aa)+q^2(aa)= 1)$$

وذلك طالما أنه لم يحدث تغيير نتيجة :-

١- الانتخاب   ٢- التزاوج لغير العشوائى

٣- الهجرة من والى العشيرة ٤- حدوث الطفرات والطفرات العكسية .

وتصل العشيرة لحالة اتزان بخصوص هذا الزوج من الأليلات فى خلال جيل واحـــد من التهجين العشوائى بصرف النظر عن التركيب الأصلى للعشيرة ، فمثلا لو كان هناك عشيرة من ١٠٠ فرد ٢٥ فرد فيها بالتركيب (AA) ، ١٠ أفراد (Aa) ، ٦٥ فرد (aa) وبذلك يكون تكرار التراكيب الوراثية فى العشيرة بالنســـب التالية : (٦٥ر٠) aa : (١٠ر٠) Aa : (٢٥ر٠) AA

ويكون تكرار الأليل A = ٢٥ر + $\frac{1}{2}$ × ١٠ر٠ = ٣٠ر٠

وتكرار الأليل a = ٦٥ر + $\frac{1}{2}$ × ١٠ر٠ = ٧٠ر٠

وفى الجيل التالى وباعتبار حدوث التزاوج العشوائى (الحر) للجاميطات :

	A ٣ر٠	a ٧ر٠
A ٣ر٠	٠٩ر	٢١ر
a ٧ر٠	٢١ر	٤٩ر٠

فان تركيب الجيل التالى يكون = (٤٩ر٠) aa :(٤٢ر٠) Aa :(٠٩ر٠) AA

ويكون تكرار الأليل A = ٠٩ر + ٢١ر٠ = ٣٠ر٠

وتكرار الأليـــــل a = ٤٩ر٠+ ٢١ر٠ = ٧٠ر٠

وهو نفس تكرار الأليلات فى الجيل السابق • ويلاحظ أن العشيرة الأصلية لم تكن فى حالة اتزان بالنسبة لتكرار التراكيب الوراثية فى الجيـــل الأول فسوف تكون فى حالة اتزان لو توفرت الشروط السابقة لقانون هاردى وواينبرج

وعند تغيير أحد أو بعض شروط هاردى وواينبرج يحدث اختلاف فى تكـــرار الأليلات وبالتالى فى تكرار التراكيب الوراثية بالعشيرة • والانتخاب أحـــد هذه المسببات فلو كان التركيب المرغوب هو الذى يحمل الأليل A فان الجيـــل الانتخابى الأول سوف يزداد فيه تكرار هذا الأليل ويتوقف معدل زيادة تكـــرار الأليلات المرغوبة بالانتخاب على :

١- قدرة توريث الصفة Heritability وهى تعبير لمدى مطابقة مظهر الفـــرد لتركيبه الوراثى وتحسب من المعادلة التالية :

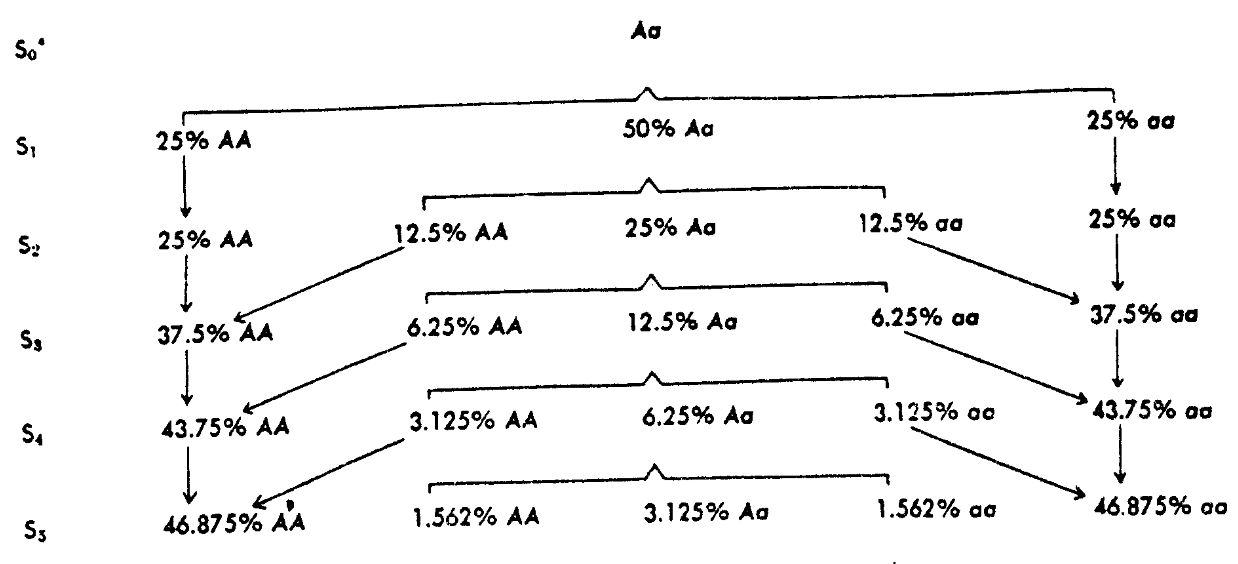
قدرة التوريث ٪ = التباين الوراثى × ١٠٠ / التباين المظهرى (التباين الوراثى + التباين البيئى)

٢- شدة الانتخاب Selection Intensity وهى نسبة الأفراد المنتخبة الى العدد الكلى لأفراد العشيرة المنزرعة •

ولكى يكون معدل التغير فى تكرار الجينات المرغوبة كبيرا يجـــب أن يكون برنامج الانتخاب معتمدا على صفات ذات كفاءة توريث وشدة انتخاب عاليتين.

جـ - التربية الداخلية Inbreeding فى المحاصيل خلطية التلقيح:

تؤدى التربية الداخلية فى هشيرة خليطة التركيب الوراثى Heterozygous الى زيادة التأصيل الوراثى Homozygosity تعرف التربية الداخلية بأنها أى نظام تزاوج يؤدى الى زيادة التأصيل الوراثى . وأسرع طريق لتحقيق التأصيل هو التلقيح الذاتى حيث يقل الخلط الوراثى فى العشيرة بمعدل النصف لكل جيل من الاخصاب الذاتى . حيث بالاخصاب الذاتى ينعزل كل زوج خليط من العوامل الوراثية (Aa) الى التراكيب الوراثية 1 AA : 2Aa:1 aa وتبقى التراكيب الوراثية aa , AA أصيلة كما هى مثلما هو موضح فى الرسم التالى :

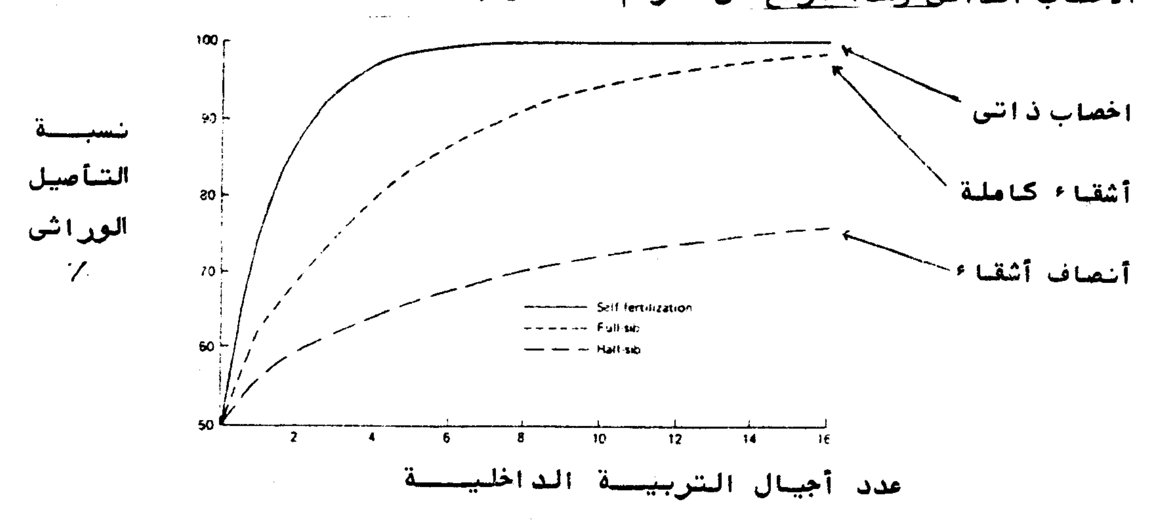


* S_0 = original selfed plant; S_1 = first selfed generation; S_2 = second selfed generation; and so on.

FIG. 3.9. Proportions of homozygous and heterozygous genotypes in a population after successive generations of self-pollination, assuming equal fitness for survival among genotypes.

ومن بين المحاصيل خلطية الاخصاب يعتبر الذرة محصولا مفضلا على وجه الخصوص لدراسة تأثيرات التربية الداخلية لأنه يعطى عادة نسبة عالية من عقد البذور بعد اجراء التلقيح الذاتى . بينما فى بعض المحاصيل خلطية الاخصاب كالبرسيم الأحمر مثلا فانه نادرا مايتحصل على بذور بعد اجراء التلقيح الذاتى نتيجة لوجود ظاهرة عدم التوافق الذاتى .

وفى المحاصيل التى توجد الأعضاء الجنسية بها على نباتات منفصلة (ثنائية المسكن) أو التى بها أسباب أخرى تجعل التلقيح الذاتى فيها لايؤدى الى انتاج طبيعى للبذور فانه لعمل تربية داخلية بها يكون تهجين نباتات شديدة القرابة وهو مايسمى بالـ Sib-matings . ويكون تزاوج الأشقاء Full- sibs هو الذى يحدث بين نباتات ناتجة من نسل نبات فردى أجرى له اخصاب ذاتى اما تزاوج انصاف الأشقاء Sib-matings فهو تزاوج بين نباتات لها أب مشترك واحد . ويعتبر تهجين النباتات القريبة Full- sibs هو أحد وسائل التأصيل الوراثى ولكن التأصيل يتم بطريقة أبطأ من الاخصاب الذاتى حيث أن عشرة أجيال من تهجين الأشقاء Half-sibs عادة ماتكون مطلوبة للوصول لنفس كمية التأصيل التى يصل اليها ثلاثة أجيال من الاخصاب الذاتى وهذا موضح فى الرسم التالى :



" رسم يبين النسبة المئوية للتأصيل الوراثى بعد أجيال متتابعة من التربية الداخلية عن طريق الاخصاب الذاتى وتزاوج الأشقاء Full sibs وأنصاف الأشقاء Half sibs "

ومع زيادة التأصيل الوراثى التالى للتربية الداخلية فانه يوجد أيضا زيادة فى الانتظام (التماثل) بين نسل النبات الفردى حيث أنه بزيادة التأصيل الوراثى يوجد عدد أقل من أزواج الجينات الخليطة المنعزلة. ويستعمل مربوا الذرة الاخصاب الذاتى للحصول على السلالات النقية Inbred lines المتماثلة فى صفات النبات والبذور .

ونتيجة أخرى للتربية الداخلية هى فقد القوة Vigor عند نقص الخلط الوراثى . وقد عرف مربوا النبات والحيوان منذ قرون عديدة حقيقة أن التربية الداخلية تؤدى الى تدهور فى القوة ويحدث أكبر نقص فى القوة بعد الجيل الأول للتربية الداخلية ويثبت هذا النقص فى حالة الوصول الى التأصيل الوراثى . وأحد أسباب التدهور هو زيادة تكرار وتأصيل الجينات المنتخبة. والسبب الآخر هو أن التربية الداخلية تكشف كثير من الأليلات المنتخبة ذات التأثيرات الضارة ، ويعرف النقص فى القوة المصاحبة للتربية الداخلية بنقص التربية الداخلية Inbreeding depression وهو يحدث فى المحاصيل الخلطية عندما يزداد فيها التأصيل الوراثى بينما فى المحاصيل ذاتية الاخصاب لايظهر هذا النقص حيث أن هذه المحاصيل تم الابقاء عليها فى حالة أصيلة بدون حدوث نقص واضح فى قوتها .

د - قوة الهجين

ربما أنه لم ينال أى تطور فى تربية النبات من استحسان مما ناله الذره الهجين ويعتبر اكتشاف طرق استعمال قوة الهجين فى تربية الذرة ليس فقط ذو أهمية علمية كبيرة ولكن ثبت أنه ذو أهمية تطبيقية كبيرة .

وتعرف قوة الهجين بأنها الزيادة فى الحجم أو القوة لهجين ما عن متوسط أبويه Mid- parent ويحسب ذلك من المعادلة التالية :

$$\text{قوة الهجين ٪} = \frac{\text{الجيل الأول } (\bar{F}) - \text{متوسط الأبوين } (\bar{P})}{\text{متوسط الابوين } (\bar{P})} \times ١٠٠$$

وفى التطبيق العملى يستعمل اصطلاح قوة الهجين النافعة Useful Heterosis لتوضح الزيادة فى حجم وقوة الهجين بالنسبة للأب الأحسن طبقا للمعادلة :

$$\text{قوة الهجين النافعة} = \frac{\text{الجيل الأول } (\bar{F}_1) - \text{الأب الاحسن } (\bar{Hp})}{\text{الاب الاحسن } (\bar{Hp})} \times 100$$

وتظهر تأثيرات قوة الهجين فى النباتات بطرق عديدة وغالبا ماينظر المربين لزيادة النمو الخضرى أو محصول الحبوب ولكن قد تنعكس قوة الهجين أيضا فى حجم الخلية ، ارتفاع النبات ، حجم الورقة ، نمو الجذور ، حجم الكوز ، عدد الحبوب ، حجم الحبة .. الخ .

وقد سجل العديد من مهجنى النباتات الأوائل وجود ظاهرة قوة الهجين فقد لاحظ كولرويتر عام ١٧٦٣ النمو المتميز لهجن الدخان واستنتج دارون فى سنة ١٨٧٧ أن التلقيح الذاتى كان ضارا فى الذرة ولكن الاخصاب الخلطى كان نافعا وذكر بيل سنة ١٨٨٠ أن الهجن الصنفية فى الذرة كانت أكثر انتاجا من الأصناف الأبوية . وبالرغم من أن هؤلاء الباحثين الأوائل سجلوا قوة الهجين الا أنه لم يوجد تفسير واحد لكيفية حدوثه وفى سنة ١٩٠٤ بدأ جورج هاريسون شل G.H.Shull الاخصاب الذاتى والخلطى فى الذرة فى أحد معاهد البحوث بنيويورك ولاحظ شل نقصا شديدا جدا فى القوة فى السلالات النقية (المرباة داخليا) للذرة الشامية بعد التلقيح الذاتى . وعندما أعاد شل تهجين السلالات مع بعضها استعادت النباتات القوة بل وأحيانا زادت القوة فى بعض النباتات الهجينية عن آبائها . وقد نشر شل نتائج تجاربه سنة ١٩٠٨ بعنوان " تركيب حقل من الذرة الشامية " واستنتج أن حقل الذرة هو خليط من هجن مركبه وان الاخصاب الذاتى يؤدى الى تنقية السلالات وقد حصل ايست East (والذى كان يعمل فى محطة تجارب زراعية مستقلة عن شل) على نتائج مشابهة لشل واسهمت نتائجهم بالاضافة لنتائج الباحثين الذين عملوا على الذرة فى أوائل القرن العشرين فى وضع الأساس العلمى الذى نشط تطور صناعة الذرة الهجين الحديثة .

تفسيرات قوة الهجن :

قدم تفسيرين لظاهرة قوة الهجين ولكن أى منهما لم يكن كافيا ليغطى كل الحالات :

١- نظرية الجينات السائدة المرغوبة Dominant Favorable Genes

التفسير الأكثر شيوعا يعتمد على فرض أن قوة الهجين تنتج من تجميع جينات سائدة مرغوبة مع بعضها وطبقا لهذه النظرية فان الجينات المرغوبة للقوة والنمو تكون سائدة وان الجينات الضارة للفرد تكون منتخبة . وتتكامل الجينات السائدة القادمة من أحد الآباء مع الجينات السائدة القادمة من الأب الثانى وبالتالى يحتوى الجيل الأول F_1 على عدد جينات سائدة مرغوبة أكثر من كلا الأبوين . وللتبسيط نفترض أن الجينات السائدة ABCDE هى المرغوبة للحصول على محصول عالى وأن السلالة A بها التركيب الوراثى AABBccddEE (أى ثلاثة جينات سائدة ABE) وأن السلالة B بها التركيب الوراثى aabbCCDDEE (أى بها الجينات السائدة CDE) وبالتالى يكون تركيب الهجين F_1 بين السلالتين كالتالى :

سلالة B × سلالة A

aabbCCDDEE   AABBccddee

F_1 (AaBbCcDdEe)

وفى هذا المثال يحتوى الهجين F_1 على الجينات السائدة عند الخمسة مواقع (ABCDE) وبالتالى يمكنه اظهار قوة أكبر عن أى من السلالات النقية الأبوية التى يحمل كل منها جينات سائدة عند ٣ مواقع فقط والاعتراض على هذه النظرية يكون لماذا لم يمكن تركيز عدد كاف من الجينات السائدة المرغوبة فى سلالة نقية واحدة بحالة أصيلة وبالتالى تكون هذه السلالة ذات قدرة انتاجية عالية مثل المصادر الأبوية . ولكن يبدو أن عدد الجينات الداخلة فى صفة كمية مثل المحصول يكون كبيرا بحيث يصعب تجمعهم فى حالة أصيلة فى نبات فردى واحد . كما أن محصول خلطى التلقيح كالذرة يحتوى العديد من

الأليلات المتنحية الضارة والتى يختفى أثرخا الضار نتيجة حدوث التلقيح الخلطى الذى يؤدى لوجود أليلاتها السائدة . وعند اجراء التلقيح الذاتى تصبح كثير من الجينات المنتخبة الضارة فى حالة أصيلة وتساهم فى نقص القوة فى السلالة النقية . كما أن الارتباط بين الجينات المنتخبة الضارة مع الجينات السائدة المرغوبة يفرض قيودا أكثر ويقلل بدرجة أكبر امكانية اكتشاف سلالات أصيلة ذات قوة مشابهة للمصادر الأبوية .

٢- نظرية السيادة الفائقة Overdominance

وتعتمد على أن الحالة الخليطة تتفوق على الحالة الأصيلة وأن الفرد الأكثر قوة هو الذى يحمل أكبر عدد من الأليلات الخليطة . وتفترض هذه النظرية أن هناك أليلات متضادة لكل موقع وراثى فردى (مثل a_1 , a_2) وينتج كل اليل تأثيرات مرغوبة مختلفة فى النبات وينتج فى النبات الخليط (a_1a_2) توليفة من التأثيرات تكون مرغوبة للنبات بدرجة أكبر من تأثير أى من الأليلين على حدة . وعرفت ظاهرة تفوق التركيب الخليط (a_1a_2) على التركيبين الأصليين (a_1a_1) أو (a_2a_2) بالسيادة الفائقة ويؤيد هذه النظرية نتائج العديد من التجارب . وبالرغم من ذلك فان أى من النظريتين لايمكنهما تفسير كل حالات قوة الهجن .

هـ - اختبار النسل واختبار القدرة على الائتلاف :-

هناك فرق هام بين تربية المحاصيل الذاتية والخلطية التلقيح وهو فى طريقة تقييم المربى لمواد التربية ففى المحاصيل ذاتية الاخصاب والتى يتكاثر فيها النبات الفردى الأصيل Homozygous الى نسل يشبهه تماما وبالتالى يمكن تقييمه بواسطة اختبار النسل Progeny Test بينما فى المحاصيل خلطية الاخصاب فان النباتات الفردية تكون خليطة وهذه عند زراعتها فى الحقل تتلقح غالبا بحبوب لقاح من نباتات خليطة أخرى وتحت هذه الظروف فان التركيب الوراثى لنبات خليط لايتكرر فى نسله . وبالتالى فان

زراعة نسل نبات خلطى التلقيح لايعطى نفس المعلومات التى يتحصل عليها من زراعة نسل نبات ذاتى التلقيح ، بل يتحصل على نباتات ناتجة بالتهجين العشوائى بين جاميطات من نبات الأم مع جاميطات عشوائية لحبوب لقاح آباء غير معروفة المصدر - ويمكن اجراء اختبار مناسب اكثر لو أن النبات قد تلقح بواسطة خليط من حبوب لقاح (جاميطات) مجمعة من مصدر معروف فيمكن مقارنة مظهر النسل بمظهر نسل نباتات أخرى ملقحة بنفس مصدر حبوب اللقاح . كما يمكن عمل مقارنة اكثر دقة عن طريق تلقيح النباتات بحبوب لقاح مأخوذة من سلالة نقية أصيلة حيث تكون كل جاميطات اللقاح متماثلة تماما فى التركيب الوراثى وبالتالى يمكن عند مقارنة مظهر النسل الناتج أن نقيس نتيجة التآلف بين تشكيله متنوعة من جاميطات كل نبات أم مع جاميطات متماثلة للسلالة المختبرة ، وتعرف الاختبارات المصممة بالطريقة السابقة باختبارات القدرة على الائتلاف Combining ability .

ويقيس متوسط مظهر سلالة مافى سلسلة من الهجن قدرتها على الائتلاف العام General Combining ability بينما يقيس مظهر سلالة ما فى هجين خاص معين القدرة على الائتلاف الخاص Specific combining ability لكلا السلالتين وتستعمل اختبارات القدرة على الائتلاف لتحديد التوافيق المرغوبة من السلالات النقية Inbred lines فى برنامج تربية الذرة الهجين أو السلالات الخضرية المرغوبة Clones التى ستدخل فى صنف تركيبى لمحصول علف .

.. .. ..

طرق تربية المحاصيل خلطية التلقيح

يمكن تقسيم الطرق الأساسية التى تنشأ بواسطتها الأصناف الجديدة من المحاصيل خلطية التلقيح الى أربعة مجاميع :-

١- الاستقدام ، ٢- الانتخاب ، ٣- التهجين ، ٤- الأصناف التركيبية

١- الاستقدام :- Plant Introduction

تستخدم المستوردات فى تربية أصناف جديدة من المحصول اما بواسطة :

أ) زراعتها كما هى ب) أو انتخاب السلالات المرغوبة منها ج) أو استعمالها كآباء فى التهجين . وعندما يستقدم محصول جديد لأول مرة فى منطقة ما فانه قد لايكون متأقلما للظروف البيئية الجديدة بالمقارنة بالظروف التى كان منزرعا فيها من قبل وفى بعض الحالات فان الأنواع أو الأصناف المستوردة حديثا قد يكون تأقلمها ضعيفا فى البداية ولكنها تصبح أكثر انتاجا وتأقلما بعد عدة مواسم ويعرف ذلك بالأقلمة (Acclimatization) وهى تنتج من التغير الوراثى فى عشيرة متباينة نتيجة تعرضها لتغير فى ظروف التقسية البيئية . وتتميز المحاصيل خلطية التلقيح بأن عملية الأقلمة تحدث بمعدل أسرع من المحاصيل الذاتية بسبب حدوث معدل أكبر من الاتحادات الجديدة للجينات التى تؤدى الى تراكيب وراثية منتجة ذات تأقلم عالى .

وقد تستخدم المستوردات كمصادر لأصناف جديدة فى المحاصيل خلطية الاخصاب والمثال على ذلك هو الصنف بالبو من الراى الذى يزرع فى الولايات المتحدة والذى نشأمن عينة بذور مستوردة من ايطاليا وكذلك أصناف لادينو من البرسيم الأبيض ولاداك من الألفالفا نشأت فى الولايات المتحدة بطريقة الاستقدام .

وقد تستخدم المستوردات فى المحاصيل الخلطية كمصادر للجينات المرغوبة مثل المقاومة للأمراض والجفاف والبرودة ولصفات أخرى قيمة قد تدخل فى

الأصناف المتأقلمة عن طريق التهجين أو تستعمل فى تربية الأصناف التركيبية .

٢- الانتخاب Selection

تختلف طرق الانتخاب المستعملة فى تربية المحاصيل خلطية التلقيح عن تلك المستخدمة فى المحاصيل ذاتية التلقيح . ففى المحاصيل الذاتية تستخدم منتخبات النباتات الفردية لتكوين أصناف منتظمة تتكون من سلالة نقية واحدة Pure line بينما الانتخاب الاجمالى يكون أقل استعمالا كطريقة للتربية . أما فى المحاصيل خلطية التلقيح والتى تكون عالية الخلط الوراثى فانه نادرا ماتستخدم النباتات الفردية لتكوين صنف لأن الانعزال والتلقيح الخلطى يجعل من الصعب الاحتفاظ بصفات الأب فى النسل كما أنه يتطلب بصفة عامة وجود مدى أوسع من التباين الوراثى عن هذا الموجود فى نبات فردى وذلك للاحتفاظ بعشيرة قوية . ويكون الانتخاب الاجمالى فى المحاصيل خلطية التلقيح هى طريقة التربية الأكثر شيوعا عن انتخاب النبات الفردى بالرغم من استعمال الطريقة الأخيرة فى بعض الأحيان . وهناك طرق انتخاب اضافية يشيع استخدامها فى المحاصيل الخلطية وهى : انتخاب النسل والانتخاب الدورى .

أ- الانتخاب الاجمالى Mass Selection

والانتخاب الاجمالى هو طريقة الانتخاب التى يتم فيها اختيار نباتات فردية ذات صفات مرغوبة ويتم خلط البذور التى تم حصادها من هذه النباتات لتستعمل فى زراعة الجيل التالى . وهو يعتمد على الانتخاب المظهرى أى على مظهر النبات وعلى الصفات الخاصة التى يمكن قياسها بمجرد النظر . فيتم حصاد النباتات المنتخبة بدون تحكم فى التلقيح وتخلط البذور بدون اجراء اختبار نسل .

ويعتبر الانتخاب الاجمالى أحد أقدم طرق التربية التىاستعملت فى المحاصيل خلطية الاخصاب وقد استعمل فى تربية الذرة ومحاصيل العلف وبنجر

السكر والقطن ومحاصيل أخرى . فقد كان طريقة التربية الأساسية فى الذرة المفتوحة التلقيح Open - pollinated corn وقام المزارع بتنفيذه عندما كان ينتخب كيزانا لزراعة المحصول فى الموسم التالى . وفى محاصيل العلف كانت السلالات المتأقلمة محليا والناشئة بالانتخاب الطبيعى يتم حصادها مع بعضها en masse وتستعمل بذورها لتبدأ صنف جديد فقد نشأ الصنف بينسكوت من البرسيم الأحمر من سلالة متأقلمة للظروف المحلية (بمقاطعة لانكاستر بولاية بنسلفانيا) وكانت منزرعة فى نفس الحقل مدة ١٩ عاما باستمرار.

وبالرغم من أن الانتخاب يعتمد على المظهر فان الهدف هو الحصول على تكرار اكبر للتراكيب الوراثية المتفوقة داخل العشيرة . وتعتمد فعالية الانتخاب الاجمالى على مدى الدقة التى يعكس بها الشكل الظاهرى التركيب الوراثى . وقد كان الانتخاب الاجمالى فعالا فى حصر وتجميع الجينات لصفات محددة يمكن رؤيتها أو قياسها بسهولة والتى يمكن استعمالها بالتالى كأساس للانتخاب ، وفى الذرة المفتوحة التلقيح أمكن بالانتخاب الاجمالى المستمر تكوين أصناف تغير فيها ميعاد النضج وارتفاع النبات وحجم الكوز وشكل الحبة ونسبة الزيت وصفات مشابهة أخرى . وقد استخدم الانتخاب الاجمالى فى بنجر السكر لتركيز جينات المقاومة المرض تجعد القمة الفيروسى. ولكى يكون الانتخاب الاجمالى فعالا فانه من الضرورى وجود التباين الوراثى داخل العشيرة الخلطية . واذا وجدت التباينات الوراثية الضرورية فان معدل التقدم يعتمد على قدرة المربى على التقاط النباتات التى تختلف وراثيا نفس اختلافها مظهريا . فلو كان الانتخاب لصفة مثل المحصول ذات قدرة توريث Heritability منخفضة فان الانتخاب الاجمالى عامة مايكون غير فعالا وتزداد فعاليته لو عمل الانتخاب لصفة ذات قدرة توريث عالية وتؤثر على المحصول كما تم فى الانتخاب للمقاومة لتجعد القمة فى بنجر السكر .

والميزة الأساسية لطريقة الانتخاب الاجمالى هى بساطتها وسهولة اجراؤها

فمن السهل على المربى نسبيا أن ينتخب ويركب بذورا مما يظهر أنهانباتات متفوقة مظهريا . كذلك فان الأصناف الجديدة يمكن الحصول عليها سريعا. كما أنه نظرا لأن العشيرة المحسنة لن تختلف كثيرا عن الصنف الأب فى مدى تأقلمها فان وقت الاختبار للأقلمةالمطلوب يكون أقل عما تختبر مواد تربية جديدة .

ونقطة الضعف فى الانتخاب الاجمالى هى فى أن التفوق فى النباتات الراجع للشكل الظاهرى لايمكن تمييزه عن التفوق الراجع للتأثيرات البيئية كما أن هناك نقطة ضعف ثانية وهى عدم التحكم فى مصدر حبوب اللقاح وفى الجينات التى تسهم فى النسل عن طريق جاميطة اللقاح .

الانتخاب الاجمالى فى الذرة الشامية :-

استعمل الانتخاب الاجمالى فى الذرة الشامية بهدف : أ) الاحتفاظ بالأصناف الموجودة ، ب) تكوين أصناف جديدة ، وقد أضاف انتخاب المزارعين الذى كان يجرى كل عام على كيزان النباتات المرغوبة الى توفير تباين كبير داخل الأصناف وأحيانا الى تكوين أصناف جديدة . فقد ظهرت العديد من الأصناف مفتوحة التلقيح عالية الانتاج ومتأقلمة فى الولايات المتحدة بواسطة الانتخاب الاجمالى حيث كان فعالا بصفة خاصة فى الصفات التى يسهل رؤيتها مثل النضج أو ارتفاع النبات أو شكل الكوز أو الحبة . وأدى الانتخاب الاجمالى المستمر لسنوات عديدة ولصفات نباتية يسهل تمييزها وغير متأثرة بدرجة كبيرة بالبيئة الى تكوين طرز صنفية جديدة مناسبة لرغبة المربى وأصناف كذلك متأقلمة لمناطق انتاج جديدة أو لأغراض خاصة . وأمكن بانتخاب أصناف مبكرة مثل مينسوتا ١٣ امكانية انتاج محاصيل عالية من الذرة فى الولايات الشمالية مثل مينسوتا حيث مواسم الزراعة فيها قصيرة .

وخلال الحقبة التى استعمل فيها الانتخاب لتغيير مظهر الأصناف المتأقلمة

لم يتحسن المحصول ويرجع فشل الانتخاب الاجمالى فى زيادة المحصول الى :

أ- عدم قدرة المربى على تمييز التراكيب الوراثية عالية الانتاج فى العشيرة الغير متجانسة من صنف مفتوح التلقيح .

ب - أن التراكيب الوراثية عالية المحصول يحدث لها تلقيح مع كل من التراكيب الوراثية العالية والمنخفضة المحصول ولذلك فان الانتاجية المتوقعة لنبات عالى المحصول لم تكن تنتقل الى كل نسله .

جـ - أن الانتخاب القاسى لصفات نباتية معينة يؤدى غالبا الى تربية داخلية Inbreeding وبالتالى قلل الانتاجية .

د- أن الانتخاب كان يعتمد على نباتات فردية حيث لم يكن هناك طريقة لقياس مدى التأثير البيئى على المحصول .

وعندما ظهرت نظرية الذرة الهجين وقف استعمال طريقة الانتخاب الاجمالى

الانتخاب الاجمالى المحسن (الشبكى) :- Gridded Mass Selection

اقترح جاردنر Gardner سنة ١٩٦١ طريقة محسنة للانتخاب الاجمالى بهدف زيادة فعالية هذا النوع من الانتخاب فى تحسين المحصول عن طريق تقليل تأثير عوامل البيئة على الاختلافات فى المحصول . ولتحقيق ذلك قام بتقسيم الحقل الانتخابى الى قطع انتخابية صغيرة (٣ × ٣ر٣م) متجانسة الخصوبة لتقليل الاختلافات المظهرية الناشئة عن عدم تجانس الحقل الانتخابى الكبير وزرع فى كل قطعة انتخابية ٤٠ نبات مع اجراء الانتخاب داخل كل قطعة باستعمال شدة انتخابية قدرها ١٠٪ (أى ينتخب أعلا ٤ نباتات محصولا من كل قطعة) ثم خلط النباتات المنتخبة من كل القطع الانتخابية لتكون أساس لزراعة الدورة الانتخابية التالية وهكذا وكان جاردنر يقلل تأثير الظروف البيئية عن طريق توحيد المعاملات الزراعية المختلفة التى تتعرض لها كل نباتات

قطعة انتخابية

الحقل الانتخابى الشبكى

العشيرة مثل عدم الاعتماد على الامطار واجراء الرى الصناعى وتوحيد التسميد ومسافات الزراعة بالاضافة الى أنه كان يشترط أن تكون النباتات المنتخبة محاطة من جميع الجهات Guarded plants لتقليل اختلاف تأثير الضوء والمنافسة بين النباتات .

وباستعمال هذه الطريقة تمكن جاردنر من رفع انتاجية صنف الذرة المفتوح التلقيح Hays Golden بمقدار ٢٩٫٧ ٪ بعد ١١ دورة انتخابية بمعدل ٢٫٧ ٪ تحسين فى كل دورة .

وفى قسم المحاصيل بكلية الزراعة جامعة القاهرة تم استنباط صنف الذرة " قاهرة ١ " بواسطة فريق من الباحثين قادهم الدكتور سيد جلال وذلك عن طريق عمل عشيرة انتخابية عالية المحصول وعلى درجة كبيرة من التباين الوراثى ثم اجراء الانتخاب الاجمالى الشبكى بطريقة جاردنر . فعند اختبار ١١٨ عينة من الذرة المحلية من حيث قدرتها على التآلف العام عند تهجينها قميا مع الصنف امريكانى بدرى تم اختيار أحسن ١٢ صنف منها والتى أثبتت قدرة عالية على التآلف وعملت منها كل الهجن الممكنة ثم خلطت أعداد متساوية من بذور كل هجين وزرعت لمدة ثلاثة أجيال لتصل الى درجة مناسبة من الاتزان ثم أجرى الانتخاب الاجمالى المحسن على هذه العشيرة لعدة دورات متتالية واضعين فى الاعتبار الانتخاب للمحصول فقط وقد نتج عن ذلك الصنف المفتوح التلقيح " قاهرة ١ " والذى يتميز بغزارة انتاجه وتأقلمه للظروف المحلية وقد أعطت الدورات الانتخابية الأولى نسبة تحسين مرتفعة وصلت الى ١٩٫٥ ٪ فى الدورة الواحدة (النجار سنة ١٩٧١) ويرجع ذلك الى : ١) استخدام عشيرة انتخابية مرتفعة الانتاج وعلى درجة عالية من التباين الوراثى ٢) فصل التباين البيئى عن التباين الوراثى عند اجراء الانتخاب ٣) زيادة الشدة الانتخابية فى القطعة الانتخابية الواحدة . كما أعطت دورة انتخابية واحدة فى الصنف " قاهرة ١ " لصفة ارتفاع الكوز الى تخفيض قدره ١١ ٪ باتباع

الانتخاب الاجمالى الشبكى (عفاف ١٩٨٩)٠

ب - <u>انتخاب النبات الفردى</u> : Single plant selection

وهى طريقة شائعة فى المحاصيل ذاتية التلقيح ولكنها غير مناسبة للمحاصيل خلطية التلقيح حيث أنها تسبب تضييق التباين الوراثى داخل الصنف وتزيد من سرعة التربية الداخلية ٠ الا أنه فى بعض الحالات يمكن استخدام هذه الطريقة للحصول على عشائر ناشئة من نبات فردى مثل :

أ- انتخاب نباتات متفوقة مفتوحة التلقيح والسماح بالتلقيح الذاتى أو تلقيح الأخوة Sib - pollination داخل العائلة فى الأجيال التالية٠

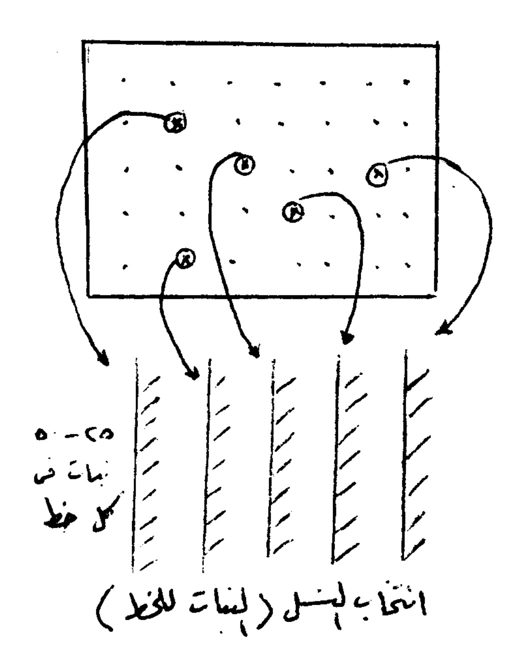
ب - زيادة تركيب وراثى متفوق بالوسائل الخضرية٠

جـ - اخصاب ذاتى لنباتات منتخبة لانتاج سلالات مرباة داخليا Inbred lines والتى قد تستخدم فى برنامج تهجين ٠

وقد تكون الصنف بافالو Baffalo من الألفالفا بمحطة تجارب كانساس الزراعية من نسل نبات فردى مفتوح التلقيح منتخب للمقاومة للذبول البكتيرى وهذا يعتبر مثال نادر لوجود تباين وراثى كافى فى نسل نبات منتخب يجعله قادرا على الاحتفاظ بالقوة ٠ وظل هذا الصنف يزرع لسنوات عديدة فى مناطق شاسعة كما أن الصنف كوستال Coastal من حشيشة برمودا قد تم اكثاره بالطرق اللاجنسية من نبات هجين F_1 فردى واستمرت زراعية بمناطق شاسعة فى العديد من الولايات الجنوبية ٠ ويعتبر استعمال السلالات المرباة داخليا Inbred lines فى انتاج الذرة الهجين طريقة من طرق الانتخاب الفردى المعروفة جيدا والمستعملة على نطاق واسع ٠

جـ - <u>انتخاب النسل</u> (النبات للخط) Plant - to-row selection

حيث تزرع أنسال النباتات المنتخبة فى قطع فردية لتحديد سلوكها التربوى ٠ حيث أنه بزراعة نسل مكون من ٢٥ - ٥٠ نبات فانه يمكن تقدير



مدى التباين ومظهر أى سلالة خاصة ويتم انتخاب الانسال المتفوقة وتخلط معا . ويسهل اجراء هذه الطريقة فى المحاصيل التى يمكن تقييمها وحصادها كنباتات فردية مثل الذرة وبنجرالسكر والقطن وتكون الطريقة اكثر صعوبة فى المحاصيل النجيلية والبقولية التى تزرع متكاثفة لأن النباتات الفردية يكون من الصعب فصلها .

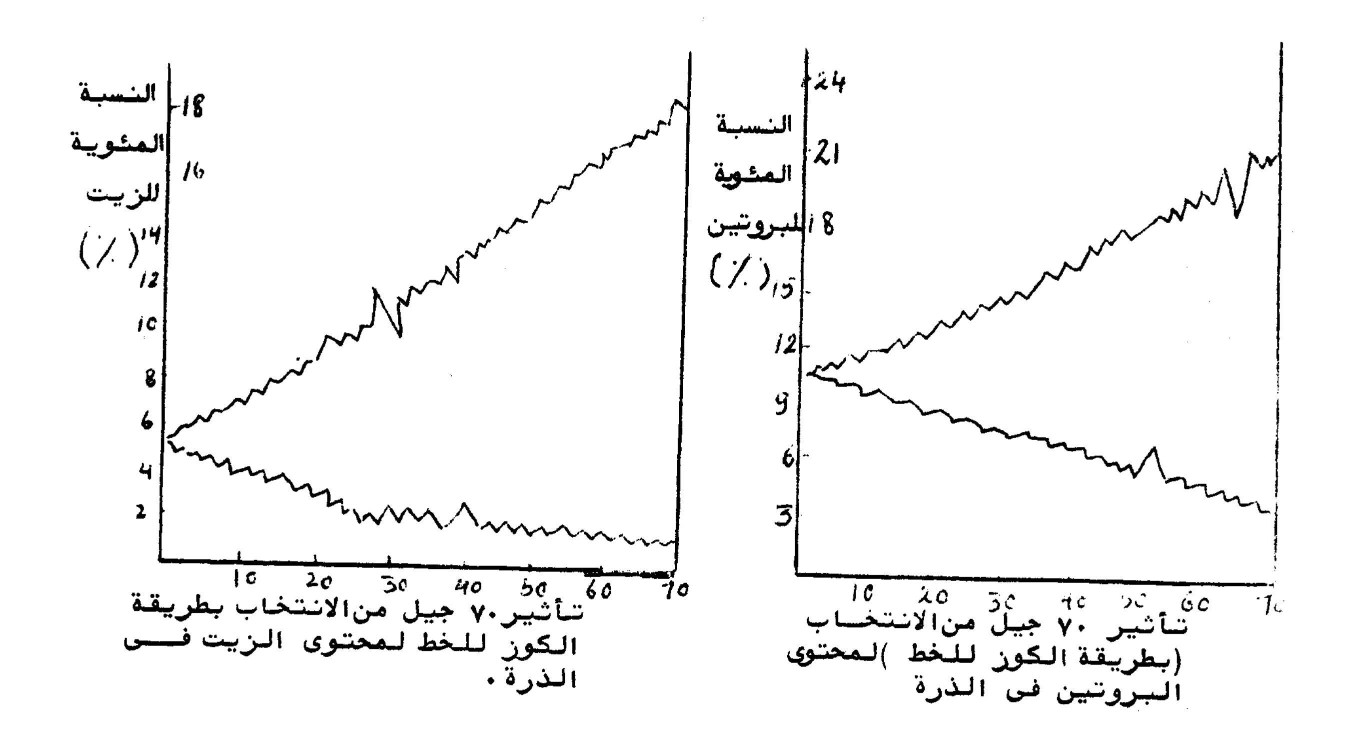
وفى هذه الطريقة يمكن حصاد البذور الناتجة عن التلقيح المفتوح من النباتات المنتخبة أو يمكن التحكم فى التلقيح بحيث أن البذور الذاتية يمكن حصادها حيث يؤدى التلقيح الذاتى الى تثبيت الصفات فى صورة نقية وحدوث التأصيل الوراثى ويكون ذلك مرغوبا فى حالة صفة مثل مقاومة المرض والتبكير فى النضج أو صفات أخرى مستخدمة كأساس للانتخاب ولكن قد تؤدى لنقص فى القوة وتسمى هذه الطريقة فى الذرة الشامية بطريقة الكوز للخط Ear-to - row وأول من استخدمها كان هوبكنز Hopkins فى محطة التجارب الزراعية بولاية الينوى بالولايات المتحدة حوالى عام ١٨٩٦ فى الانتخاب لصفتى محتوى البروتين والزيت بحبوب الذرة . والخطوات الأساسية التى تتبع فى هذه الطريقة هى كالتالى :

أ- انتخاب من ٥٠ - ١٠٠ كوز للصفة المرغوبة ثم يفرط كل كوز منفصلا عن الآخر ويزرع جزء من بذور كل كوز فى خط (كوز فى خط) والبذور المتبقية من كل كوز تعلم وتخزن منفصلة عن بعضها .

ب - يعطى كل خط درجة من حيث الصفة المرغوب الانتخاب لها ويقدر محصول كل خط وبالتالى فانه يمكن تحديد الخطوط المتفوقة .

جـ - تخلط الأجزاء المتبقية المخزنة من كيزان أحسن ١٠ - ٢٠ خط متفـوق ويستعمل الخليط لزراعة حقل انتخابى جديد فى السنة التالية يتم فيه انتخاب كيزان لدورة انتخابية ثانية تكرر فيها نفس الخطوات السابقة.

وبعد عدة سنوات من الاختبارات الموسعة أصبح واضحا أن صفات النبات والحبة التى يمكن تقييمها بمجرد النظر يمكن تحويرها بسرعة بطريقة الكوز للخط بنفس الدرجة التى تتحور بها بواسطة الانتخاب الاجمالى . ولقد ثبت فعالية هذه الطريقة فى تغيير نسبة البروتين والزيت فى بذور صنف الذرة بوروايت Burr White لرفع وخفض نسبة الزيت ورفع وخفض نسبة البروتين فى البذور.



تأثير ٧٠ جيل من الانتخاب بطريقة الكوز للخط لمحتوى الزيت فى الذرة.

تأثير ٧٠ جيل من الانتخاب (بطريقة الكوز للخط) لمحتوى البروتين فى الذرة

وقد كان متوسط نسبة الزيت فى العشيرة الأصلية للصنف بوروايت ٤٫٦٨٪ (ويتراوح بين ٣٫٧ - ٦ ٪) وصلت بعد ٧٠ جيلا من الانتخاب للزيت العالى الى اكثر من ١٨ ٪ وللزيت المنخفض الى أقل من ١٪ وقد استمر ارتفاع نسبة

الزيت على مدى الـ ٧٠ جيلا بينما بالنسبة لانخفاض نسبة الزيت فقد كان من الصعب الاستمرار فى خفض النسبة بعد ٢٠ - ٢٥ جيل انتخابى وذلك نظرا لوجود الزيت فى جنين الحبة حيث أنه لايمكن تنقيص حجم الجنين وبالتالى محتوى الزيت عن حد معين مع استمرار الاحتفاظ بحيوية الجنين .

وقد لوحظ من هذه التجارب أن كمية التباين الوراثى لم تتأثر فى السلالات الأربعة الناتجة بعد الانتخاب المستمر لفترة طويلة للتركيب الكيماوى فلم يؤد الانتخاب الى زيادة أو نقص كبير فى التباين سواء فى السلالات المرتفعة أو المنخفضة الزيت أو البروتين ، ولكن وجد أن الانتخاب للتركيب الكيماوى أدى الى تغيرات فى صفات الكوز والحبوب والنبات والتأثيرالجانبى الذى كان أشد وضوحا على محصول الحبوب فقد نقص المحصول فى كل السلالات الأربعة لأكثر من نصف محصول الهجن السائدة .

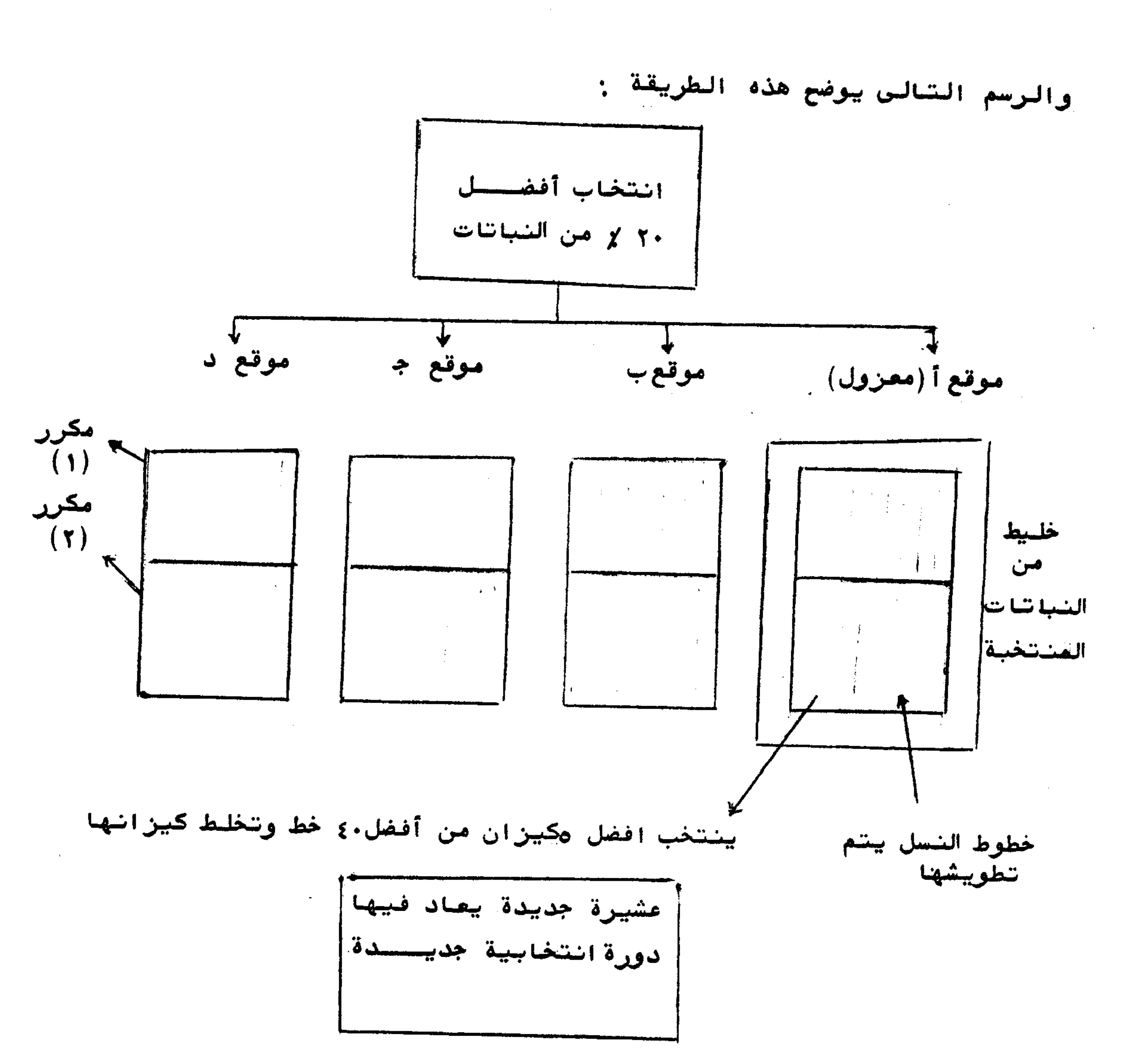
وبالنسبةللصفات التى لايمكن تقييمها بدقة بمجرد النظر فان هذه الطريقة (الكوز للخط) لم تكن فعالة لنفس الأسباب التى أدت لعدم فعالية الانتخاب الاجمالى . وبتحوير طريقة الكوز للخط فى تجارب تشمل على مكررات لعزل التأثيرات البيئية عن التأثيرات الوراثية أمكن الحصول على زيادات معنوية فى المحصول بهذه الطريقة المعدلة .

طريقة الكوز للخط المعدلة Modified Ear-to-Row

يتم فيها تقييم الانسال بدرجة اكثر دقة وذلك بواسطة زراعة نسل كل نبات منتخب فى مكررين وفى اكثر من موقع ويكون احد هذه المواقع منعزلا عزلا زمانيا ومكانيا عن حقول الذرة الأخرى ويتم فيه تطويش النورات المذكرة لخطوط الانسال فى الموقع المعزول وتترك نباتاته للتلقيح من النباتات المنزرعة حول هذا الحقل والمتكونة من خليط من بذور النباتات المنتخبة من العشيرة الأصلية . وبناء على قيمة متوسط سلوك كل نسل فى جميع المواقع

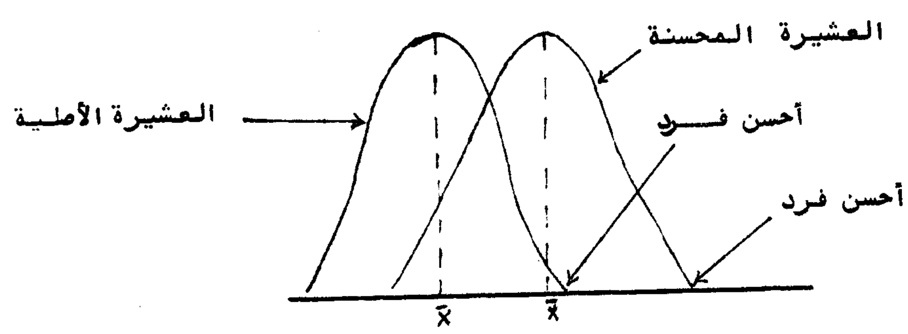
يتم انتخاب أفضل الأنسال (حوالى ٤٠ نسل) وتنتخب أفضل ٥ كيزان من كل نسل وهذه تخلط معا لتكوين العشيرة الجديدة التى يتم اعادة الانتخاب فيها لدورة ثانية وهكذا . ويعطى التقييم فى عدة مواقع الفرصة لتقليل تأثير تفاعل التركيب الوراثى مع البيئة مما يزيد من فعالية هذه الطريقة فى تحسين الصفات .

والرسم التالى يوضح هذه الطريقة :



د - **الانتخاب الدورى أو المتكرر** ، Recurrent Selection

ويسمح هذا النوع من الانتخاب فى المحاصيل خلطية التلقيح بزيـــادة تكرار الجينات المرغوبة فى العشيرة وبدون حدوث أى نقص فى التباين الوراثى بها كما فى الرسم التالى :



(رسم يبين تحسين مثالى من انتخاب دورى حيث ان العشيرة المحسنة أصبح متوسطها أعلى وتحتوى على أفراد متفوقة بقيم أعلى من العشيـــرة الأصلية - كما أن التباين الوراثى فى العشيرة المحسنة لم ينقـــص بالانتخاب الدورى)

وتتلخص طريقة الانتخاب الدورى ، كما تستعمل فى الذرة فى الخطـــوات التالية :-

١- يتم اخصاب ذاتى لعدد من النباتات المأخوذة من عشيرة خليطة وراثيـــا Meterozygous وفى نفس الوقت يتم تقييمها بالنسبة للصفة المرغوبة.
٢- تستبعد النباتات ذات المظهر الردىء بالنسبة للصفة المرغوب تحسينها.
٣- تزرع أنسال النباتات الذاتية المتفوقة فى الصفة المرغوبة .
٤- تعمل كل التهجينات الممكنة بين هذه الأنسال المتفوقة فقط اما باليـــد أو تترك للتلقيح المفتوح اذا كان من الصعب اجراء التهجين اليدوى .
٥- العشيرة الناتجة من هذه التهجينات تستعمل كمصدر لدورة جديدة مـــن الاخصاب الذاتى والانتخاب والتهجين .

وتتميز هذه الطريقة بزيادة فرصة الحصول على أفراد متميزة وذلـــك

لحدوث الاتحادات الوراثية الجديدة بين الافراد المتميزة فقط كما أنه نظرا لامكانية المحافظة على مستوى منخفض من التربية الداخلية فانه يمكن الابقاء على تباين وراثى عالى فى العشيرة وبالتالى تجعل الانتخاب أكثر فعالية لفترة أطول .

ويمكن أن تكون العشيرة الأصلية ذات المصدر الخليط وراثيا (التى ينفذ فيها الانتخاب الدورى لتركيز جينات الصفات المرغوبة) اما صنف مفتوح التلقيح أو صنف تركيبى أو نسل ناتج من التهجين بين بعض السلالات الجيدة المرباة داخليا أو هجين زوجى أو هجين فردى بحسب رغبة المربى .

كما تستعمل العشائر الناتجة من الانتخاب الدورى عدة استعمالات بهدف انتاج اصناف محسنة فقد تستعمل فى التربية الداخلية لاستنباط سلالات أصيلة يمكن استعمالها فى انتاج أصناف هجينية أو قد تهجن مع سلالات مرباة داخليا أو مع هجن فردية أو مع عشائر أخرى ناتجة أيضا من الانتخاب الدورى لانتاج أصناف هجينية أو قد تستعمل العشيرة الناتجة كأصل لانتاج أصناف تركيبية منها .

وقد قسم الانتخاب الدورى الى أربعة نظم حسب الطريقة التى تقيم وتحدد بها النباتات التى تحمل الصفات المرغوبة ، وهذه النظم هى :

١- الانتخاب الدورى البسيط (المظهرى) Simple (phenotypic)R.S.

٢- الانتخاب الدورى للقدرة العامة على الائتلاف
R.S.for general combining ability

٣- الانتخاب الدورى للقدرة الخاصة على الائتلاف " R.S.for specific "

٤- الانتخاب الدورى العكسى (المتبادل) Reciprocal R.S.

والفرق الأساسى بين الانتخاب الدورى البسيط وطرق الانتخاب الثلاث الأخرى ينحصر فى أن الانتخاب يعتمد فى الأولى على أساس القياسات الظاهرية للنباتات الملقحة ذاتيا أو نسلها فى حين أنه يعتمد فى الطرق الثلاث على قياس القدرة على

الائتلاف عن طريق عمل اختبار قمى للنباتات المنتخبة مع كشاف يختلف باختلاف النظام المتبع . ففى حالة الانتخاب الدورى للقدرة العامة على الائتلاف يكون الكشاف خليط التركيب الوراثى أو ذو قاعدة وراثية واسعة فى حين يكون الكشاف فى حالة الاختبار للقدرة الخاصة على الائتلاف عبارة عن سلالة ضيقة التركيب الوراثى أما فى حالة الانتخاب الدورى العكسى فيستعمل فيهاعشيرتين خليطتين تختبر كل منهما مع الأخرى ككشاف لها .

١- <u>الانتخاب الدورى البسيط (المظهرى)</u>

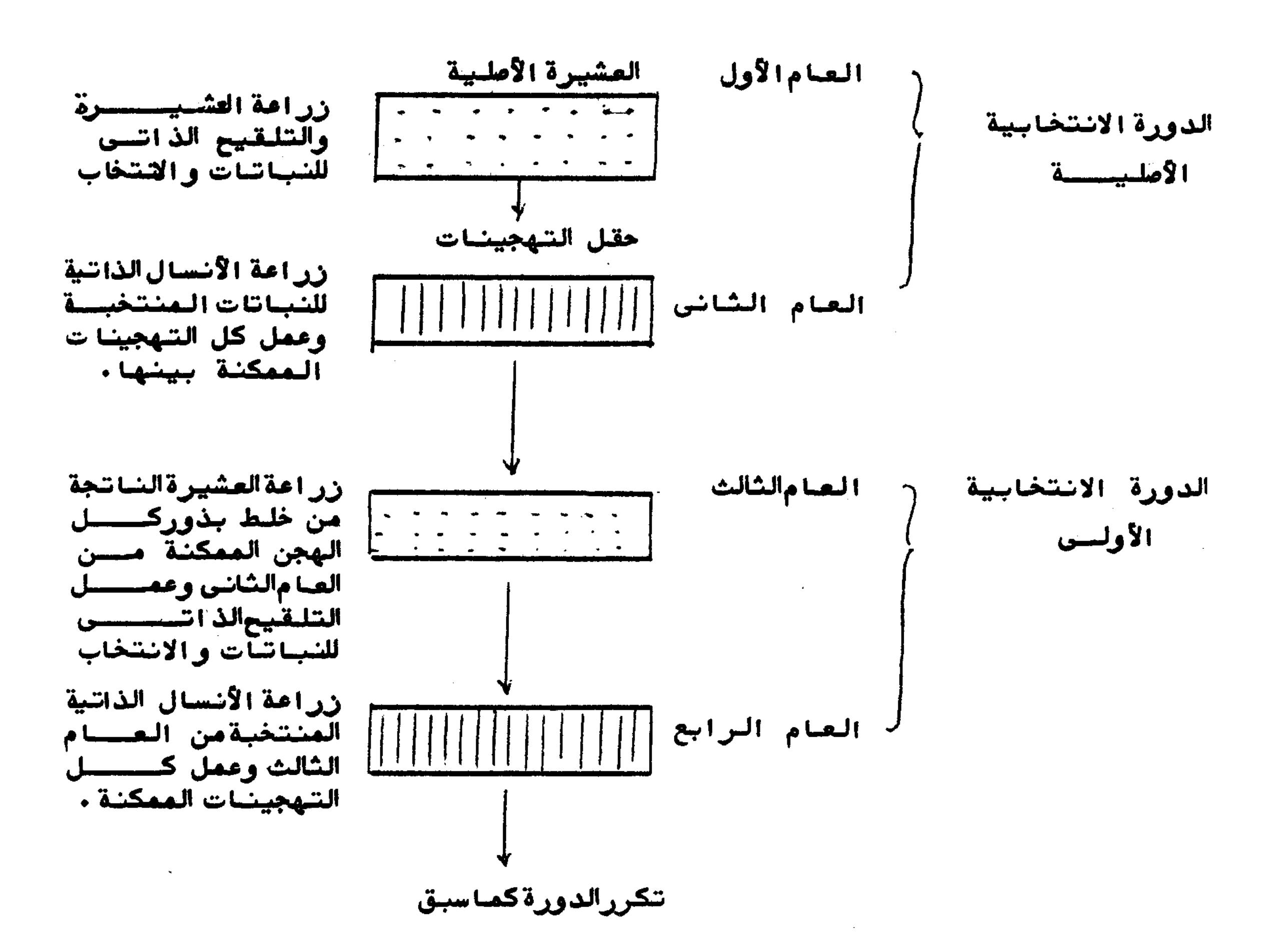
يعتمد الانتخاب فى هذه الطريقة على تقسيم العشيرة منها الى نباتات تستعد وأخرى تنتخب وتكاثر على أساس القياسات الظاهرية التى تقدر من النباتات الفردية أو من نسلها الذاتى وقد أثبتت الطريقة كفاءتها فى تحسين الصفات ذات قدرة التوريث العالية والتى يمكن تقييمهابدقة عن طريق الشكل الظاهرى أو باستعمال اختبارات بسيطة مثل تحسين نسبة الزيت الحبوب والمقاومة لبعض الأمراض فى الذرة الشامية وفى تحسين مقارنة التيلة فى القطن ونسبة السكر فى البنجر .

وخطوات تنفيذ هذه الطريقة موضحة فى الشكل التالى ، حيث يقوم المربى فى العام الأول بزراعة العشيرة الأصلية ثم انتخاب عدد من النباتات المرغوبة وتلقيحها ذاتيا وعند النضج تنتخب النباتات المتفوقة فى الصفة تحت الاختبار .

وفى العام الثانى تزرع بذور النباتات الفردية الناتجة من التلقيح الذاتى فى العام الأول كل فى خط ثم يهجن بين الأنسال فى كل الاتجاهات الممكنة سواء باليد أو بالتلقيح المفتوح فى حقل معزول . وبذلك تنتهى الدورة الانتخابية الأصلية .

وفى العام الثالث تخلط البذور الناتجة من التهجين فى العام الثانى

ثم تزرع مجمعه لتكوين عشيرة جديدة يبدأ فيها دورة جديدة من الانتخاب الدورى أى أن الدورة تحتاج موسمين زراعيين .



" شكل توضيحى لطريقة الانتخاب الدورى البسيـــط "

٢- <u>الانتخاب الدورى للقدرة العامة على الائتلاف</u> :

وفى هذا النظام من الانتخاب الدورى ينتخب عدد من النباتات المرغوبة مظهريا من بين نباتات العشيرة الأصلية (نباتات S_o) ثم يلقح كل منهـا ذاتيا (للحصول على بذور S_1) وفى نفس الوقت يؤخذ من كل نبات حبوب لقاح لتلقيح نباتات صنف كشاف خليط لانتاج بذرة الهجن القمية Top Crosses

وفى الموسم الثانى تزرع الهجن القمية لتقييمها وتحديد أفضل النباتات من حيث القدرة على الائتلاف وفى الموسم الثالث تزرع الأشسال الذاتية (بذور S_1) للنباتات التى اثبتت قدرة عالية على الائتلاف وتجرى كل التهجينات الممكنة بينها ثم تخلط بذور هذه الهجن لتكون أساس عشيرة جديدة يكرر فيها الانتخاب مرة ثانية أو تستعمل كصنف تركيبى او تستخدم كمخزن للتراكيب الوراثية الممتازة تعزل منه سلالات نقية جديدة عن طريق التربية الذاتية فى برنامج انتاج الهجن حيث أن هذا النوع من الانتخاب يعمل على زيادة تكرار الجينات التى تزيد من القدرة العامة على الائتلاف فى العشيرة.

٣- الانتخاب الدورى للقدرة الخاصة على الائتلاف :

وتهدف هذه الطريقة الى بناء سلالات فى العشيرة موضع التحسين تتآلف تآلفا خاصا عاليا مع سلالة مختبرة معينة . واقترح Hull خطوات تنفيذ هذه الطريقة كالتالى :

العام الأول : تلقيح ذاتى لـ ١٠٠ نبات أو أكثر من عشيرة خليطة ثم تؤخذ حبوب لقاح من كل نبات من النباتات الملقحة ذاتيا وتلقح بها عدد من نباتات سلالة نقية تستعمل ككشاف أو مختبر للقدرة الخاصة على الائتلاف (ويشترط فى السلالة أن تكون ذات قدرة ائتلافية عامة عالية وان تكون غزيرة حبوب اللقاح ويمكن استخدام هجين فردى بين سلالتين ككشاف).

العام الثانى : تزرع الـ ١٠٠ هجين قمى فى تجربة محصولية لتقدير كمية محصول كل منها .

العام الثالث : ينتخب أحسن ١٠ نباتات محصولا من نتائج الهجين القمية ومن كل نبات تزرع البذور الذاتية المنتجة فى العام الأول من خط واحد ثم تعمل كل الهجن الممكنة بين الخطوط وبعضها (وليس داخل الخطوط) . وتخلط اعداد متساوية من بذور كل هجين لتكون أصل العشيرة المنتخبة التى سيمارس فيها دورة جديدة من

الانتخاب فى العام الرابع . وبذلك تحتاج الدورة الى ثلاثة مواسم زراعية .

ويمكن بعد انتهاء عدة دورات استعمال العشيرة الناتجة من تهجين السلالات المنتخبة كأب للتهجين مع نفس السلالة المختبرة وذلك لانتاج بذور هجين تجارى .

٤- الانتخاب الدورى العكسى :

وتهدف هذه الطريقة الى تحسين كل من القدرة العامة والقدرة الخاصة على الائتلاف فى عشيرتين مختلفتين باستخدام كل عشيرة ككشاف أو مختبر لقدرة الائتلاف فى العشيرة الأخرى ، والأساس فى هذه الطريقةهو اختيار مصدرين أو عشيرتين للتربية ولنرمز لهما بالرمز أ ، ب يختلفان عن بعضهما من حيث التركيب الوراثى (Heterozygous & Heterogenous) ثم انتخاب نباتات فردية داخل كل من هذين المصدرين على حدة مع تلقيح المنتخبات ذاتيا فى كل مصدر ثم اختبار قدرة كل من هذه المنتخبات على الائتلاف عن طريق التلقيح القمى لها مع عدة نباتات من المصدر الآخر وعلى أساس القدرة المحصولية لهذه الهجن فى تجارب المقارنة المكررة تنتخب أحسن النباتات الملحقة ذاتيا فى المصدر (أ) ومثيلاتها فى المصدر (ب) ثم تعمل كل الهجن الممكنة بين منتخبات (أ) على حدة وكذلك بين منتخبات (ب) على حدة ،بعدها تبدأ دورة جديدة من الانتخاب داخل العشيرتين المتفوقتين الجديدتين (أَ) ، (بَ) الناتجتين من خلط هجن (أ) ، (ب) وذلك بنفس الطريقة السابقة مع تكرار الدورات الانتخابية حسب الطلب .

ويستفاد من التهجين بين العشيرة (أَ) والعشيرة (بَ) فى انتاج بذور هجن تجارية توزع على الزراع ويكون ذلك اما عن طريق التهجين مباشرة بين العشيرتين المحسنتين لانتاج هجن يشبه الهجن الصنفية أو عن طريق التهجين بين سلالات مستنبطة من العشيرة (أ) مع سلالات مستنبطة من العشيرة (ب) لانتاج هجن زوجية كالتالى :

$$(أ_1 \times أ_2) \times (ب_1 \times ب_2)$$

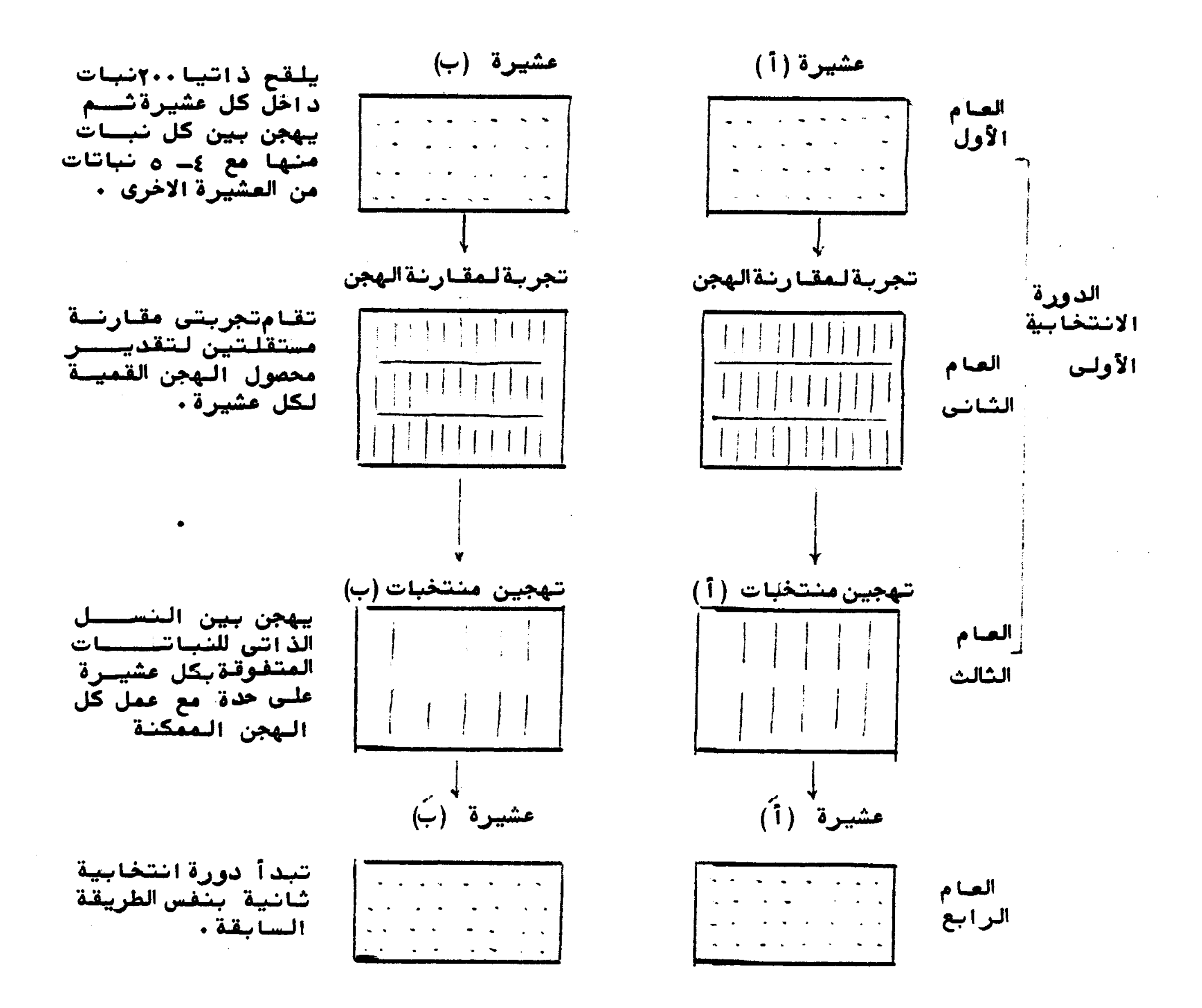
حيث أن $أ_1$ ، $أ_2$ عبارة عن سلالات نقية معزولة من العشيرة (أَ) وكذلك $ب_1$،$ب_2$ من العشيرة (بَ) عن طريق التربية الداخلية للعشيرة (أَ) والعشيرة (بَ) بالطريقة العادية .

وتتلخص خطوات تنفيذ الطريقة فيما يلى (والموضحة فى الشكل التالى):

العام الأول : يلقح ذاتيا حوالى ٢٠٠ نبات داخل العشيرة (أ) ومثلها داخل العشيرة (ب) ثم يهجن فى نفس الوقت بين كل نبات من نباتات العشيرة (أ) الملحقة ذاتيا مع أربعة أو خمسة نباتات مأخوذة عشوائيا داخل العشيرة (ب) . ويكرر نفس العمل بالنسبة لنباتات (ب) الذاتية من حيث تلقيحها قميا مع نباتات العشيرة (أ).

العام الثانى : تعمل تجربتين مستقلتين احداهما لاختبار نسل الهجين القمية للعشيرة (أ) والثانية لاختبار نسل هجن العشيرة (ب) على حدة مع مراعاة خلط بذور الأربعة أو الخمسة كيزان المهجنة من نبات واحد مع بعضها وادخالها فى التجربة كهجين قمى واحد .

العام الثالث: تنتخب النباتات (داخل كل عشيرة) التى أثبتت تفوقها فى تجربة المقارنة فى العام السابق من حيث كمية المحصول والصفات الأخرى التى ينتخب لها عادة فى الهجن الزوجية مع استبعاد الهجن غير المتفوقة والمصابة بالأمراض ، ثم يزرع من كل منتخب خط من البذور الناتجة من التلقيح الذاتى فى العام الأول ثم تعمل كل الهجن الممكنة بين سلالات كل عشيرة على حدة (مع مراعاة ألا يكون عدد المنتخبات قليلا جدا منعا لتأثير التربية الداخلية ولضمان وجود قدر من التصنيف داخل كل عشيرة).



شكل يوضح طريقة الانتخاب الدورى المتعاكس (العكسى)

٣- التهجين Hybridization

يستخدم فى المحاصيل خلطية التلقيح طريقتين أساسيتين من طرق التهجين وهما :

أ- التهجين بين الأصناف Intervarietal Crosses

ب - هجن السلالات المرباة داخليا Interline Hybrids

أ- التهجين بين الأصناف :

الهجن الصنفية هى عبارة عن هجن بين تراكيب وراثية تمثل أصناف مختلفة مفتوحة التلقيح تتبع نفس النوع بقصد تجميع جينات الصفات المرغوبة من هذه الأصناف الأبوية . بالاضافة الى أن الجيل الأول للهجين الصنفى فى المحاصيل الخلطية يظهر قدرا من قوة الهجين .

وأولى التجارب المحكمة التى عملت لدراسة قيمة التهجين الصنفى فى تحسين الذرة قام بها العالم Beal ونشرها عام ١٨٧٧ وبين أن الهجن المختبرة تزيد فى محصولها عن الأبوين بكميات تتراوح بين ١٠٪ - ٥٠ ٪ واقترح بناء على ذلك استعمال الجيل الأول بين الأصناف فى الانتاج التجارى للمحصول. ولقد تلا نشر نتائج بيل عمل تجارب أخرى مماثلة فى محطات التجارب ووزارة الزراعة الأمريكية وحصل منها المربون على نتائج مماثلة وأوصوا بزراعة الهجن الصنفية .

ولقد قام Richey بتلخيص نتائج تجارب المقارنة التى عملت فى حطات التجارب المختلفة والتى بلغ عددها ٢٤٤ تجربة ولقد اتضح أنه فى ٥٦٪ من هذه المقارنات كانت الهجن تزيد فى محصولها عن أعلا الأبوين محصولا. كما أن نتائج روبنسون ومساعدوه بينت أن ١٢ هجينا صنفيا من ١٥ زادت فى محصولها عن الأب عالى المحصول بمتوسط قدره ١١ر٠ ٪ . هذا ولكن التهجين الصنفى لم ينجح مع المزارعين وربما يكون السبب أن هذه الطريقة كانت أكثر

تطورا عن الوقت الذى ظهرت فيه .

وبالرغم من ذلك فقد ساعد التهجين الصنفى على ايجاد الكثير من التصنيفات الموجودة حاليا بين طرز الذرة فى بعض الدول . كما يعتبر التهجين بين الأصناف أهم مصدر للاتحادات الوراثية الجديدة التى يمكن الاستفادة منها فى انتاج الأصناف الجديدة بواسطة الانتخاب الاجمالى . كما أفادت الطريقة فى جمع المعلومات الأولية عن ظاهرة قوة الهجين وبذلك تكون شجعت بطريق غير مباشر على ايجاد طرق التربية الحديثة فى الذرة والتى تتلخص فى التربية الداخلية للنباتات مفتوحة التلقيح ثم التهجين بين السلالات .

وفى طريقة الهجن الصنفية حيث يتم تهجين آباء خلطية التركيب الوراثى فان الانعزال Segregation سوف يبدأ فى الجيل الأول الهجينى (F_1) ولذلك يكون من الضرورى اجراء انتخاب لمجموعة النباتات المتفوقة داخل هذه العشيرة الهجينية . ولو كان هدف الهجين الصنفى هو جمع صفات خاصة يمكن تمييزها بالشكل الظاهرى فانه يكون من المرغوب فيه عمل اخصاب ذاتى للنباتات المنتخبة لجيل أو أكثر لتثبيت الصفات المرغوبة فى حالة أصيلة ثم يعاد التهجين بين النباتات الذاتية لاستعادة القوة التى فقدت بالتربية الداخلية أو قد يتم انتخاب مظهرى للنباتات المرغوبة من الـ F_2 أو الـ F_3 وتهجين هذه النباتات مع بعضها ويكرر هذا التهجين لدورتين أو ثلاثة حتى يتم تركيز نسبة عالية من الجينات المرغوبة فى العشيرة .

ب - <u>التهجين بين السلالات المرباة داخليا</u> :

وتسمى هذه الطريقة أيضا طريقة استغلال ظاهرة قوة الهجين Hybrid Vigor وكان أول استغلال ناجح لقوة الهجين قد نفذ فى تربية الذرة الهجين Hybrid corn وحاليا يتم استغلال هذه الظاهرة فى تربية

السورجم والدخن والقمح وبنجر السكر والدخان والبصل والقرعيات والطماطم وكثير من المحاصيل الحقلية والبستانية الأخرى .

ويرجع الفضل فى بداية عصر جديد فى تربية المحاصيل خلطية الاخصاب عامة والذرة الشامية خاصة الى العالم جورج هاريسون شل shull سنة ١٩٠٩ الذى اقترح طريقة تربية الذرة الهجين . وفى العام السابق ذكر دكتور شل أن الحقل العادى للذرة يتركب من العديد من الهجن المركبة التى يحدث فيها نقص فى القوة نتيجة التربية الداخلية وأن المربى لابد وأن يواظب على الابقاء على أحسن التوافيق الهجينية . وكنتيجة لدراساته على التربية الداخلية والتهجين فقد وضع د. شل خطة برنامج الذرة الهجين التى تشمل :

أ- عمل التربية الداخلية لعزل السلالات النقية.

ب - تهجين السلالات النقية لانتاج الهجن الفردية المتماثلة .

وقد أدت هذه الخطوات الى احداث ثورة كاملة فى تربية الذرة .

وذكر أيضا د. ادوارد ايست Edward East الذى كان يعمل فى ولاية أخرى على التربية الداخلية فى الذرة عام ١٩٠٩ وكانت نتائجه مشابهة لنتائج د. شل وقد ساهم ايست وتلاميذه مساهمة فعالة فى تطوير برامج تربية الذرة الهجين . ففى البداية وضح أن تكلفة انتاج بذور الذرة الهجينية يمكن أن تجعل الطريقة غير قابلة للتنفيذ لأن السلالات النقية التى ستنتج عليها البذور الهجينية كانت ضعيفة جدا وغير منتجة وقد تم حل هذه المشكلة بواسطة د. جونز Jones الذى كان يعمل مع د. ايست باقتراح تهجين هجينين فرديين قويين لانتاج بذور الهجين الزوجى ، وقد أدى هذا الاقتراح لجعل انتاج بذور الذرة الهجين ممكنا من الناحية الاقتصادية لأن البذور سوف تنتج على نباتات هجين فردية عالية المحصول بدلا من نباتات السلالات المرباة داخليا الضعيفة . وقد بذل مجهود كبير خلال العشرينات والثلاثينات من القرن الأخير فى تربية سلالات مرباة داخليا جديدة ووضعهم فى توافيق هجينية فردية فردية أو زوجية متأقلمة . وفى الأربعينات أصبح الذرة الهجين يزرع فى كل

حزام الذرة بالولايات المتحدة . وفى الخمسينات تم استخدام العقم الذكرى السيتوبلازمى للاستغناء عن تطويش النورات المذكره وأصبح استخدامه عاما فى كل مناطق انتاج البذور الهجينية الى أن انتشر وباء لفحة الأوراق فى الذرة المحتوية على سيتوبلازم عقيم وأدى ذلك لايقاف مؤقت لاستعمال هذا العقم الى أن تظهر سيتوبلازمات عقيمة جديدة يمكن تحديدها واختبارها . وحدث أيضا خلال هذه الفترة تحسين مستمر فى قوة وانتاجية السلالات المرباة داخليا المستعملة فى انتاج بذور الذرة الهجين .. ونتج عن ذلك أن محصول السلالات أصبح يناسب انتاج الهجين الفردية بطريقة اقتصادية كما اقترحت فى بداية الطريقة بواسطة شل مما أدى خلال الستينات والسبعينات الى الاحلال التدريجى للهجن الفردية محل الهجن الزوجية وماصاحب ذلك من زيادات كبيرة فى المحصول وفى تجانس حقول المزارعين .

وكنتيجة لدراسة شل والطريقة التى اقترحها لتربية الذرة الهجين فان ملايين الأرادب من الذرة تضاف سنويا الى الانتاج الكلى العالمى. ويعتبر ذلك مثالا كلاسيكيا للاستعمال التطبيقى الذى يمكن أن ينتج عن دراسات اكاديمية فى العلوم الأساسية كعلم الوراثة .

ماهو الصنف الهجينى Hybrid variety

الصنف الهجينى هو نسل الجيل الأول (F_1) الناتج من تهجين يشمل سلالات نقية (مرباة داخليا) . ويشمل برنامج تربية الصنف الهجين الخطوات التالية :-

أ- استنباط السلالات النقية — Development of Inbred lines

ب - تقييم السلالات النقية — Evaluation of Inbred lines

ج - التنبؤ بمحصول الهجن الزوجية — Predication of Double-cross and three - way cross performance

أ- استنباط السلالات النقية

السلالة المرباة داخليا Inbred line هى سلالة نقية تكونت بواسطة التلقيح الذاتى والانتخاب حتى يتم الحصول على نباتات أصلية Homozygous • ويجرى التلقيح الذاتى الصناعى عن طريق تلقيح الحريره بحبوب لقاح مجموعة من النوره المذكره لنفس النبات .

ويتم اكثار السلالة المرباة داخليا (أو الابقاء عليها) اما عن طريق التلقيح الذاتى أو بواسطة تلقيح الأخوة Sib-pollination (تزاوج نباتات داخل نفس السلالة المرباة داخليا).

الطرق المباشرة لعزل السلالات :-

فى البداية كانت السلالات تعزل من أصناف مفتوحة التلقيح ، ولكن بعد ذلك أصبحت السلالات تعزل من مصادر أخرى كثيرة مثل الأصناف التركيبية والأجيال الانعزالية واجيال الهجن الرجعية لهجن السلالات الممتازة • وهناك العديد من الطرق التى اقترحت واستعملت فى استنباط السلالات المرباة داخليا سوف نتكلم عنها بشىء من التفصيل فيما يلى :

١- الطريقة القياسية Standard Method

والتلقيح الذاتى هو الطريقة الأكثر استخداما لاجراء التربية الداخلية وهو المستخدم فى الطريقة القياسية حيث يجرى التلقيح الذاتى لأحسن النباتات الموجودة فى صنف أو أكثر مفتوح التلقيح أو هجين ويجب أن يتم انتخاب للنباتات الملحقة ذاتيا من حيث القوة والخلو من الأمراض والصفات المرغوبة الأخرى ولأن كثير من الصفات المرغوبة لاتظهر وقت التلقيح فان النباتات يعاد عليها الانتخاب وقت الحصاد وتستبعد أى نباتات بها أى عيب غير مرغوب .

وفى العام التالى تنتخب أحسن الكيزان التى حصدت والتى نتجت من

التلقيح الذاتى الأول S_1 وتزرع بطريقة الكوز للخط Ear-to- row (بمعدل ٢٠ ـ ٣٠ نبات فى الخط وبحيث يكون فى الجوره ١ ـ ٢ نبات وعند ظهور البادرات تفحص للصفات غير المرغوبة مثل غياب الكلوروفيل أو النباتات القزمية أو غيرها من الصفات التى قد تظهر بعد نمو واستطالة النبات فاذا وجد أن الخط بأكمله يحتوى على مثل هذه الصفات الرديئة استبعد هذا الخط اما اذا وجدت بالخط نباتات ممتازة يلقح فيه ذاتيا ٥ ـ ٨ نباتات . ثم يعاد الانتخاب ثانية على النباتات بعد تلقيحها ذاتيا وعند الحصاد ثم يتم فحص معملى قبل زراعة العام التالى وينتخب أفضل الكيزان التى حصدت .

وهكذا تستمر عملية زراعة كوز للخط والتلقيح الذاتى والانتخاب على أساس النباتات داخل الخط وعلى أساس الخط الواحد لمدة ٥ ـ ٧ أجيال بعدها تكون هذه السلالات قد أصبحت أصيلة وراثيا وثبتت تراكيبها الوراثية بحيث تعطى نسلا أصيلا صادق التربية يمكن اكثاره واختباره للقدرة على الائتلاف combining ability .

وتؤدى التربية الداخلية الى نقص فى قوة النباتات يكون أقصاه فى الأجيال الأولى للتلقيح الذاتى الا أنه يقف بعد عدة أجيال .

٢ـ <u>طريقة الجوره الواحدة</u> Single-Hill Method

وتختلف هذه الطريقة عن القياسية فى أنه بدلا من زراعة خط واحد من كل كوز منتخب فى كل جيل من أجيال التلقيح الذاتى فانه يكتفى بزراعة جورة واحدة من كل كوز بها ثلاث نباتات ثم انتخاب أحسن نبات فى الجورة عند الحصاد وتمكن هذه الطريقة المربى من زراعة عدة آلاف من السلالات فى الفدان الواحد كما توفر المجهود والمصاريف. والأساس العلمى الذى بنيت عليه هذه الطريقة هو أن الاختلافات بين السلالات (أى بين الجور) تكون أكبر منها داخل السلالات والجور . وتعتبر هذه الطريقة مقبولة فى الأجيال الأولى من التربية لأنها تمكن المربى من التخلص من السلالات الرديئة جدا فى طور مبكر من برنامج التربية .

٣- طريقة الانتخاب على أساس النسب Pedigree Selection

وتسمى هذه الطريقة أحيانا انتخاب الدورة الثانية Second cycle وهى تشابه الطريقة القياسية الا أن العشيرة الأبوية التى تستخدم لعزل السلالات تنتج عادة من بعض الهجن الفردية الممتازة حيث يختار سلالتين نقيتين عاليتين فى قدرتهما الائتلافية ويكملان بعضهما من حيث الصفات المرغوبة كأن تكون احدهما عالية المحصول والأخرى مقاومة لمرض معين .ويتلو ذلك انتخاب التراكيب الوراثية المرغوبة من نباتات النسل الناتج ثم تلقيح النباتات المنتخبة ذاتيا ، وتكرار عملية التلقيح الذاتى والانتخاب لعدة أجيال حتى تصل السلالات الى حالة الأصالة .

ولقد أدى استعمال تلك الطريقة فى مينسوتا الى الحصول على سلالات قوية مقاومة للأمراض تعطى عند تهجينها هجنا زوجية عالية المحصول مقاومة للرقاد والتفحم .

٤- عزل السلالات الثنائية الأصيلة Homozygous diploids

وتتلخص فكرة هذه الطريقة فى عزل نباتات أحادية Haploids ثم مضاعفة كروموسوماتها للحصول على السلالات الثنائية الأصيلة ويتم عزل النباتات الاحادية بطريقتين :

أ- استخدام النباتات الاحادية الناتجة بأحد طرق الاخصاب اللابذرى :-

وتعتمد هذه الطريقة على تلقيح المصدر المراد عزل النباتات الاحادية منه مع سلالات كشافة تحمل اليلات سائدة للون الاندوسبرم البنفسجي أو الأحمر كما تحمل فى نفس الوقت عوامل أخرى سائدة للون النبات البنفسجي أو البنى أو أى جينات كشافة آخرى لايحملها المصدر الأصلى ثم تفحص الحبوب الناتجة من التهجين ويتم استبعاد الحبوب التى لاتظهر لون الأب المعلم ويستبقى فقط الحبوب الملونة (التى أخصب فيها الاندوسبرم بحبوب لقاح الأب المعلم). ثم

تنزع الحبوب الملونة بالمعمل ، ثم تفحص البادرات وتستبعد ذات الجذور الملونة (التى نتجت باخصاب البويضة بحبوب لقاح الأب المعلم) وتنتخب فقط البادرات التى ليس بها اللون . ثم يختبر حجم أوراق البادرة النامية بالنسبة لحجم أوراق الأم الثنائية ويستبقى فقط البادرات التى يكون طول الورقة الأولى عليها أقل من نصف مثيلتها على بادرة الأم الثنائية (البادرات الاحادية) وأخيرا يجرى فحص سيتولوجى تحت الميكروسكوب على أطراف جذور البادرات ذات الأوراق المختزلة (والتى كانت حبوبها ملونة وجذورها غير ملونة) فاذا كانت تحمل العدد الاحادى للكروموسومات ثبت نهائيا أنها أحادية فتنتقل الى الحقل المستديم . وتنتج هذه عادة من التكاثر اللااخصابى فينشأ الفرد من بيضة غير مخصبة أو من تكشف احدى خلايا الكيس الجنينى. ويؤدى عزل النباتات الاحادية ثم مضاعفة عدد كروموسوماتها الى الحصول على سلالات نقية أصيلة دون حاجة الى تربية النباتات داخليا لعدة أجيال كما فى الطريقة القياسية وفى مدة تقل من ١ - ٣ سنوات .

وذكر Chase أنه يمكن زيادة نسبة النباتات الاحادية عن طريق :

١- عمل التهجينات بين الانواع اوالاجناس (مثل استعمال حبوب لقاح الكوسة فى تلقيح الذرة) .
٢- استعمال آشعة اكس (فوجد أن جرعة ١٥٠٠ ر زودت النسبة)
٣- تأخير التلقيح (يؤدى الى زيادة النسبة)
٤- استعمال آباء ملحقة معينة تعمل على تنشيط انتاج النباتات الاحادية على الأم .
٥- الانتخاب فى الاصناف المفتوحة التلقيح يزيد من نسبة النباتات الاحادية .

كما وجد أن نسبة تحول النباتات الاحادية الى ثنائية تزداد باستخدام تركيز ٠٥ر٪ من مادة الكولشسين التى تعمل على مضاعفة المجموعة الكروموسومية .

ب - <u>استخدام طرق زراعة المتوك</u> Anther/pollen culture

وتتميز هذه الطريقة بامكانية الحصول على عدد كبير من النباتات الأحادية Haploids من حبوب اللقاح خلال فترة قصيرة نسبيا من الوقت وبمضاعفة العدد الكروموسومى لهذه النباتات فانه يمكن الحصول على نباتات ثنائية أصيلة Homozygous diploids .

وبصفة عامة فان طريقة زراعة المتوك تتلخص فى أخذ المتوك فى طور التتراد Tetrad وزراعتها تحت ظروف التعقيم على بيئة معينة تعمل على دفع حبوب اللقاح للانقسام وتكوين أجنة خضرية أو تكون خلايا غير منتظمة تسمى كالاس وهذه عند نقلها الى بيئة أخرى معينة فانها تتحول الى أجنة خضرية . وهذه الأجنة الخضرية يمكن دفعها لتكوين نباتات صغيرة plantlets عند وضعها على بيئة خاصة ثم تنقل بعد ذلك هذه النباتات التى تكون أحادية المجموعة الكروموسومية (بعد التأكد من تكون مجموع جذرى وخضرى جيدين) الى التربة ويعمل لها أقلمة (تقسية) لظروف الصوبة ثم تترك حتى النضج وتنتج بعد ذلك النباتات الثنائية الأصلية نتيجة التضاعف الكروموسومى الذى قد يحدث تلقائيا spontaneous أو صناعيا باستخدام الكولشسين . وقد أمكن لبعض الدول (مثل الصين) استخدام هذه الطريقة فى الذرة الشامية والحصول على سلالات نقية فى فترة لاتزيد عن بضعة شهور وبعد عمل الاختبارات اللازمة لقدرة هذه السلالات على الائتلاف الهجينى انتخب أفضلها واستعملت فى الانتاج التجارى لبذور الذرة الهجين فى هذه الدول .

<u>طرق تحسين السلالات الموجودة</u> :-

هناك طرق لتحسين السلالات الممتازة الموجودة والتى قد تكون متفوقة فى معظم الصفات الا أنه ينقصها صفة أو صفتين والهدف من هذه الطرق هو تحسين الصفات الناقصة مع الاحتفاظ بكل الصفات المرغوبة وأهم هذه الطرق مايلى :-

١- <u>التهجين الرجعى المزدوج</u> Convergent Improvement

وهى عبارة عن عملية تلقيح رجعى مزدوج القصد منه تحسين كلا من السلالتين عاليتا القدرة على الائتلاف الداخلتين فى هجين فردى معين . وتشمل الخطوات الأساسية تهجين الجيل الأول للهجين الفردى (أب) مع كل من السلالتين النقيتين (أ) و(ب) على حدة ويكرر ذلك مع الأبوين عدة أجيال متعاقبة ، فيؤدى تهجين (أب) مع (أ) الى الاحتفاظ بجينات (ب) الممتازة عن طريق الانتخاب كما يؤدى تهجين (أب) مع (ب) الى تحسين السلالة (ب) بعوامل (أ). وأثناء برنامج التهجين الرجعى تنتخب النباتات القوية الحاملة للصفات المرغوبة وتهجن رجعيا . وبعد الانتهاء من التهجين الرجعى لثلاثة أجيال أو أكثر تنتخب أحسن النباتات وتلقح ذاتيا جيلين أو ثلاثة حتى تصل الى حالة التماثل الوراثى .

ويعمل التهجين الرجعى المزدوج على اضافة جينات سائدة مرغوبة والتى تنقص سلالة أبوية من السلالة الأبوية الأخرى . ويؤدى تكرار التهجين الرجعى مع الانتخاب الى انتاج سلالات أحسن فأحسن من حيث حملها للعوامل المرغوبة فى سلالة واحدة .

ويستخدم التهجين الرجعى البسيط simple backcrossing فى تحسين السلالات بدرجة أكبر من استخدام التهجين الرجعى المزدوج وقد نشأ عنها كثير من السلالات المستخدمة حاليا فى برامج الذرة الهجين وهذه الطريقة تشبه استعمال التهجين الرجعى فى تحسين المحاصيل الذاتية .

٢- <u>الانتخاب الجاميطى</u> Gamete Selection

وتعتمد على عزل الجاميطات الممتازة من الأصناف مفتوحة التلقيح بدلا من عزل الزيجوتات الممتازة حيث أن نسبة حدوث الجاميطات الممتازة تكون أعلى من الزيجوتات الممتازة (فلو فرض أن نسبة حدوث الجاميطات الممتازة

= $\frac{1}{8}$ فان نسبة حدوث الزيجوتات الممتازة = $\frac{1}{8} \times \frac{1}{8} = \frac{1}{64}$) .

وتتلخص هذه الطريقة فى التهجين بين أحد الأصناف مفتوحة التلقيح كأب مع سلالة نقية ممتازة الصفات Elite ، ثم زراعة حبوب الجيل الأول الهجين الناتجة (F_1) والتى يكون كل نبات منها محتويا على جاميطة مماثلة لكل النباتات انتقلت اليه من السلالة النقية ، بينما ورث الجاميطة الأخرى من الصنف مفتوح التلقيح الأب ، بمعنى أن هذه النباتات سوف تختلف عن بعضها فقط فى الجاميطة التى انتقلت اليها من الصنف الأب ، وبعد ذلك تلقح كل من هذه النباتات (الـ F_1) ذاتيا وفى نفس الوقت تهجن على كشاف مناسب وكذلك تزرع السلالة النقية الممتازة الأم وتهجن مع نفس الكشاف ، ثم يقارن بين نواتج التهجينين القميين فى تجارب محصولية ، فاذا زاد محصول أى نبات (Inbred Xvariety X Tester) عن محصول (Inbred X Tester) اعتبر هذا دليلا على أن هذا النبات يحتوى على جاميطة ممتازة أخذها من الصنف مفتوح التلقيح تمتاز على تلك التى أخذها النبات من السلالة الممتازة .

وبعد ذلك تجرى التربية الداخلية بالطريقة العادية أى بالتلقيح الذاتى والانتخاب لأحسن النباتات التى أثبتت تفوقها فى الجيل الأول .

ب - تقييم السلالات النقية :-

ان استنباط السلالات النقية لايشكل مشكلة بالمقارنة بالتعقيد الذى يحدث عند مقارنة هذه السلالات ، ويتم الحكم النهائى على أى سلالة عن طريق مظهرها فى التراكيب الهجينية ، ويتم تقييم السلالات بعدة طرق أهمها :-

١- الانتخاب خلال أجيال التربة الداخلية :-

يفيد الانتخاب خلال أجيال التربية الداخلية فى أكثر من غرض فهو يساعد على استبعاد السلالات التى ليس لها قيمة تجاربة أو ذات قيمة محدودة كما أنه ذو فعالية عالية فى تحسين السلالات بخصوص القوة العامة ، والنضج ومقاومة

الأمراض أو الحشرات حيث أن كل من هذه الصفات لها دور هام فى ملاءمة السلالات لانتاج الهجن التجارية .

ونظرا لأن الهجن الفردية هى الأكثر استعمالا كهجن تجارية فانه من المهم أن السلالة تنتج محصول بذور جيد لذا فان تجارب المحصول أحيانا ماتجرى فى أجيال مبكرة من التربية الداخلية (S_2 أو S_3) حتى يمكن تحديد السلالات ذات القدرة المحصولية الجيدة فى الأطوار المبكرة من استنباط السلالة النقية .

وقد بينت الدراسات بأنه ليس هناك ارتباط بين صفات السلالة وبين قدرتها على التآلف الهجينى مع سلالة أخرى . ولكن بصفة عامة بينت الدراسات أن السلالات النقية الأكثر قوة تتجه لأن تعطى هجنا أكثر قوة . كما أنه ينصح أثناء فترة التربية الداخلية والانتخاب أن تعرض السلالات لعدد كبير من الاختبارات مثل الأمراض والحشرات والجفاف والبرودة حيث يمكن بواسطة هذه الاختبارات انتخاب السلالات التى تعطى سلوكا جيدا تحت سلسلة واسعة من ظروف التقسية البيئية .

٢- الاختبار المبكر للسلالات Early Testing

فى السنوات الأولى للذرة الهجين اتبع فى اختبار السلالات نفس الطريقة التى اقترحها Shull عام ١٩٠٩ والتى تتلخص فى عمل كل الهجن الفردية الممكنة بين السلالات المراد اختبارها ثم زراعة كل هجين فردى فى خط على حدة لتقدير محصوله وبذلك يمكن تقدير قدرة السلالة على الائتلاف Combining ability من متوسط محصولها فى كل الهجن الفردية التى تدخل فيها .

واستمر الحال كذلك حتى زاد عدد السلالات المنتجة فى كثير من محطات التجارب فأصبح ينظر الى تلك الطريقة فى الاختبار على أنها طريقة غير عملية لانها تستدعى بذل مجهود ضخم وزراعة مساحات كبيرة من الأرض حتى يمكن اختبار

كل الهجن الفردية الممكن عملها بين الأعداد الكبيرة من السلالات .

لذلك بدأ مربو الذرة يبحثون عن طرق أسهل وأرخص لعمل اختبار القدرة على الائتلاف . وقد اقترح Jenkins سنة ١٩٣٥ استعمال التلقيح القمى Top crosses مع صنف مفتوح التلقيح ككشاف للقدرة على الائتلاف فى الاجيال الاولى للاخصاب الذاتى أو حتى قبل الاخصاب الذاتى (على نباتات S_0) وذكر أن تلك الطريقة تساعد المربى على استبعاد حوالى ٥٠ ٪ من مجموع السلالات تحت الاختبار دون خوف من فقد بعض السلالات المهمة . وقد بين Sprague & Tatum عام ١٩٤٢ أن التلقيح القمى مع الصنف يعطى فكرة عن قيمة السلالات من حيث قدرتها الائتلافية العامة General Combining Ability والتى عرفاها بأنها متوسط سلوك السلالة فى التراكيب الهجينية التى تدخل فيها فى حين أن الهجين الفردية تعتبر طريقة اختبار القدرة الائتلافية الخاصة Specific Combining Ability والتى تقيس سلوك هجين فردى معين بالنسبة لمتوسط الهجن . وفى كل الدراسات السابقة ثبت وجود علاقة وثيقة بين محصول السلالات فى الهجن الفردية والهجن القمية مع الصنف تسمح بالتنبؤ بمحصول السلالة فى الهجن ومن نتائج التجارب على الاختبار المبكر للسلالات وجد مايلى :-

١- أن أول اختبار لقدرة سلالات جديدة على الائتلاف يكون بتهجينها قميا مع أب كشاف غير متجانس وتركيبه الوراثى خليط Heterogenous Heterozygous لأخذ فكرة عن القدرة العامة على الائتلاف ويعقب ذلك عمل اختبار ثانى للسلالات التى ثبت تفوقها فى الاختبار الاول للكشف عن القدرة الائتلافية الخاصة لتلك السلالات بتهجينها قميا مع سلالة نقية أو هجين فردى (ككشاف ذو قاعدة وراثية ضيقة).

٢- من المرغوب فيه أن يحمل الصنف الكشاف صفات متنحية أصيلة لسهولة الكشف عن قدرة هذه السلالات .

٣- يفضل استعمال كشافين لاختبار السلالات الجديدة حتى يحصل المربى على معلومات أوفى يمكن مقارنتها ببعضها .

٤- أن يجمع الكشاف بين سهولة الاستعمال و القدرة على اعطاء اكبر قدر من المعلومات عن السلوك المنتظر للسلالات المختبرة.

٥- ينصح بزيادة تكرار التجارب فى أكثر من منطقة أو لأكثر من موسم واحد أو لكليهما فى حالة الاختبار للقدرة الائتلافية الخاصة .

جـ - التنبؤ بمحصول الهجن الزوجية والثلاثية :-

ان عدد الهجن الفردية Single crosses والثلاثية 3-Way Crosses والزوجية Double crosses التى يمكن عملها من عدد(ن) من السلالات النقية يمكن حسابها بالتعويض فى المعادلة العامة :

$$= \frac{\lfloor ن}{\lfloor ر \ \lfloor ن - ر}$$

حيث أن ر = عدد السلالات الداخلة فى الهجين = ٢ فى الهجين الفردى ، ٣ فى الهجين الثلاثى ، ٤ فى الهجين الزوجى

حيث نتحصل على المعادلات التالية :

$$\text{عدد الهجن الفردية} = \frac{ن \ (ن - ١)}{٢}$$

$$\text{عدد الهجن الثلاثية} = \frac{ن \ (ن - ١) (ن - ٢)}{٢}$$

$$\text{عدد الهجن الزوجية} = \frac{ن \ (ن - ١) (ن - ٢) (ن - ٣)}{٨}$$

ولذلك نجد أن عدد الهجين يزداد بزيادة عدد (ن) من السلالات ولهذا السبب فانه ليس من الممكن انتاج وتقييم كل الهجن الممكنة الثلاثية أوالزوجية حتى بين عدد قليل من السلالات . فمن عشرة سلالات نقية يمكن عمل ٤٥ هجين فردى ، بينما عدد الهجن الثلاثية التى يمكن عملها من نفس هذه السلالات العشرة يكون ٣٤٠ وعدد الهجن الزوجية يكون ٦٣٠ وبالطبع فان هذا العدد الكبير جدا فاذا أمكن انتاجه يكون من الصعب اختباره فى تجارب حقلية لذلك كان من الضرورى ايجاد طرق يمكن بها التنبؤ بمحصول الهجن الزوجية أوالثلاثية قبل انتاجها والاكتفاء بعمل اختبار الهجن التى يتنبأ بامتيازها.

ويعزى الفضل فى نجاح استعمال طرق التنبؤ بالمحصول الى تجارب Jenkins التى نشرها عام ١٩٣٤ واستنتج منها أن الطريقة (ب) [التى تحسب محصول الهجين الزوجى من متوسط محصول الهجن الفردية الأربعة غير الآباء] هى أفضل الطرق فى التنبوء بمحصول الهجين الزوجى وعليه فان المحصول المتنبأ به للهجين الزوجى (أ×ب) × (جـ × د) = $\frac{\text{محصول (أ×ب)+(أ×د)+(ب×جـ) + (ب×د)}}{٤}$

وذكر فى تفسيرها أنه بالنسبة لكل هجين زوجى تتحد جينات كل سلالة مع جينات السلالتين الموجودتين فى الهجن الفردى المقابل . بمعنى أنه فى الهجين الزوجى (أ×ب) × (جـ × د) فان عوامل السلالة (أ) تتحد مع عوامل السلالتين جـ ، د وعليه فيهمنا محصول (أ × جـ) ، (أ × د) ،وبالمثل تتحد عوامل السلالة (ب) مع عوامل السلالتين جـ ، د وعليه فيهمنا محصول (ب × جـ) ، (ب × د) . ولذلك فان متوسط الهجن الفردية الأربع غير الأبوية أجـ ، أد ، ب جـ ، ب د ، يعطى تقديرا معقولا لمحصول الهجين الزوجى (أ×ب)×(جـ×د) .

وقد أيدت نتائج البحاث فعالية طريقة Jenkins وشاع استعمالها بعد ذلك فى محطات تربية الذرة الهجين ليس فقط بالنسبة للتنبؤ بالمحصول بل أيضا لبعض الصفات الأخرى كنسبة الرطوبة عند الحصاد وارتفاع الكوز على النبات.. الخ .

ونظرا لتأثير البيئة على نتائج المحصول الفعلى وانحرافه عن المحصول المتوقع فانه يجب تكرار الاختيار الفعلى للهجن التى تنبأ بتميزها لأكثر من منطقة أو لأكثر من موسم أو لكليهما قبل أن يسمح بانتاجها تجاريا وتوزيعها على الزراع .

هذا ويمكن بنفس الطريقة التنبؤ بمحصول الهجين الثلاثى (أ×ب)×جـ من المعادلة التالية : محصول (أ×ب) × جـ = $\frac{\text{محصول (أ× جـ) + (ب × جـ)}}{٢}$

تمرين على التنبؤ بمحصول الهجن الزوجية :

عند اختبار الهجن الفردية الممكن عملها بين ٤ سلالات نقية وجد أن محصولها الفعلى كان كالتالى :

الهجن الفردى	أ × ب	أ × جـ	أ × د	ب × جـ	ب × د	جـ × د
المحصول (بالأردب / فدان)	٢٠	١٦	١٨	٢٢	١٩	٢١

احسب المحصول المتوقع للهجن الزوجية (أ×ب) × (جـ ×د) ، (أ×جـ)×(ب ×د) ، (أ×د) × (ب × جـ)

الحل :

(أ×ب) × (جـ ×د) = $\frac{١٦ + ١٨ + ٢٢ + ١٩}{٤}$ = $\frac{٧٥}{٤}$ = $١٨ \frac{٣}{٤}$

(أ×جـ) × (ب ×د) = $\frac{٢٠ + ١٨ + ٢٢ + ٢١}{٤}$ = $\frac{٨١}{٤}$ = $٢٠ \frac{١}{٤}$

(أ×د) × (ب × جـ) = $\frac{٢٠ + ١٦ + ١٩ + ٢١}{٤}$ = $\frac{٧٦}{٤}$ = ١٩

احسب المحصول المتوقع للهجن الثلاثية : (أ×ب)× د ، (ب×جـ) ×أ ، (جـ×د) × ب ، (أ×ب)× جـ ، (ب ×جـ)× د ، (جـ × د) ×أ ،(أ× جـ)×ب ، (أ×جـ) × د ، (ب ×د) ×أ ، (ب ×د)× جـ ، (أ× د) ×ب ، (أ× د)× جـ

ترتيب السلالات فى الهجن

وجد أن لترتيب السلالات فى الهجن الفردية تأثير جوهرى على المحصول الفعلى والمتنبأ به للهجن الزوجية . وقد أثبتت الدراسات أنه لو كان الهجين الزوجى الذى يشمل ٤ سلالات اثنين منهما (أ ، ب) معزولتين من مصدر ما والسلالتين (جـ ، د) من مصدر آخر فان أفضل هجين زوجى من حيث المحصول والتجانس فى الصفات يكون عندما يجمع الهجين الفردى الواحد بين السلالتين

الناتجتين من مصدر واحد (أى الهجين الزوجى (أ×ب) × (جـ × د))

النقص فى محصول الأجيال الانعزالية للهجن :

يجب على المزارع شراء تقاوى الجيل الأول للصنف الهجينى كل عام لزراعة الهجين حيث أن محصول نباتات الجيل الثانى والأجيال الانعزالية الأخرى تنقص عن محصول الجيل الأول بنسب تختلف حسب عدد السلالات الداخلة فى تركيب الهجين وقد وجد Neal عام ١٩٣٥ أن النقص فى محصول الجيل الثانى للهجن الفردية والثلاثية والزوجية فى الذرة الشامية يتمشى مع المعادلة التى اقترحها Wright عام ١٩٢٢ من تجاربه على خنازير غينيا وهى :

$$F_2 = F_1 - \frac{1}{n} \cdot (F_1 - P)$$

بفرض أن F_1 ، F_2 هى محصول الجيل الأول والثانى على الترتيب

، P = محصول الآباء

، N = عدد السلالات التى يتكون منها الهجين

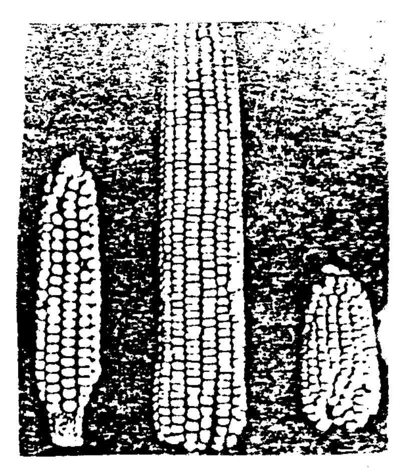
وبذلك فانه من المنتظر (على أساس هذه المعادلة) أن ينقص محصول الجيل الثانى للهجن الفردية والثلاثية والزوجية بمعدل ٥٠ ٪ ، ٣٣٫٣٪ ، ٢٥ ٪ على الترتيب من الزيادة التى يزيدها محصول كل من هذه الهجن عن الآباء لاحتوائهم على ٢ ، ٣ ، ٤ سلالات نقية على الترتيب .

أنواع الهجن : Types of Hybrids

مما سبق نجد أن الصنف الهجينى فى المحاصيل خلطية الاخصاب هو عبارة عن ندرة الجيل الأول (F_1) للتهجين بين سلالتين نقيتين أو أكثر ، فاذا كان الصنف هجين بين سلالتين أ ، ب يسمى هجين فردى Single cross ، واذا كان الصنف هجين بين هجين فردى (أ × ب) وسلالة (جـ) يسمى هجين ثلاثى Three-way cross لأنه يشمل ثلاثة سلالات واذا كان الصف يشمل أربع سلالات أ ، ب ، جـ ، د فانه يسمى هجين زوجى Double cross وهو ناتج بالتهجين بين هجينين فرديين مثل (أ×ب) x (جـ × د) أو (أ× جـ) x (ب × د) أو (أ× د)x(ب ×جـ) .

أولا : الهجن الفردية

وهو نسل هجين بين سلالتين متباعدتين والسلالات المستخدمة يفترض أن تكون أصلية وراثيا لذلك فان نباتات الهجين الفردى تكون خليطة وراثيا Heterozygous عند كل المواقع التى تختلف فيها السلالتين ويستعيد الهجين الفردى المتفوق القوة والانتاجية التى فقدت أثناء التربية الداخلية وسوف يكون أكثر قوة وانتاجية عن الأب الأصلى الذى استنبطت منه السلالات كما فى الصورة التالية :



سلالة (B41)　　هجين فردى C103XB41　　سلالة (c 103)



سلالة أ　　نبات F_1 (أ × ب)　　سلالة ب

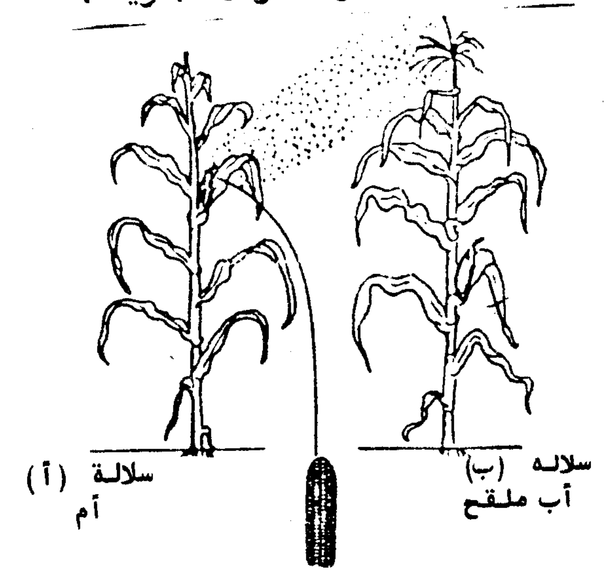
(قوة الهجين فى الذرة)

وليست كل التوافيق الهجينية بين السلالات سوف تعطى هجن فردية متفوقة ولكن فى الحقيقة فان التوافيق التى تعطى هجن متفوقة الانتاجية تكون قليلة أو نادرة . ونظرا لأن كل النباتات داخل الهجين الفردى تحمل نفس التركيب الوراثى فانها سوف تكون متماثلة فى النضج والمظهر .

ويتوقف استعمال أى من السلالتين كأب أو كأم على أى من السلالتين تنتج كمية وافرة من اللقاح وأى منهم تمتلك المقدرة المحصولية الأعلى .

وقديما كانت السلالات المتاحة ليست بالقوة الكافية لانتاج بذور بكميات تجعل الانتاج التجارى لبذور الهجين الفردى ممكنا من الناحية الاقتصادية وغالبا ماكانت الحبوب الناتجة على السلالة النقية صغيرة فى الحجم أو غير منتظمة الشكل ولكن السلالات الحديثة فهى أكثر قوة وانتاجية عن المستنبطة قديما وتحسن فيها حجم الحبوب وشكلها وهذه التغيرات مكنت منتجى البذور من تسويق بذور الهجين الفردى للمزارعين . ولأن الهجن الفردية متماثلة وراثيا فان نباتات الهجين الفردى فى حقل المزارع تكون متماثلة فى المظهر والنضج وعالية فى المحصول مما يجعل الهجين الفردى جذابا لأن يزرعه المزارع .

وللانتاج التجارى لبذور الهجين الفردى تزرع السلالتين اللتين سوف تهجنان فى خطوط منفصلة فى حقل معزول بنظام خط أب وأربعة خطوط أم (١ : ٤) وفى هذا النظام تكون ½ خطوط الأمهات مجاورة لكل خط أب ملقح . وهناك نظام آخر يستعمل أيضا بكثرة وهو ١ : ٢ : ١ : ٤ وفى النظام الأخير يكون ⅔ خطوط الامهات مجاورة لخط أب يلقح ، وعادة يزال تماما خط الأب الملقح بعد التلقيح لمنع اختلاط الحبوب عند الحصاد . وتطوش خطوط الأمهات أو يمنع فيها انتاج حبوب اللقاح باستعمال العقم الذكرى السيوبلازمى . ولو استعمل العقم الذكرى يجب أن يحتوى الأب الملقح على جينات معيدة للخصوبة . والشكل التالى يوضح كيفية انتاج بذور الهجين الفردى تجاريا :

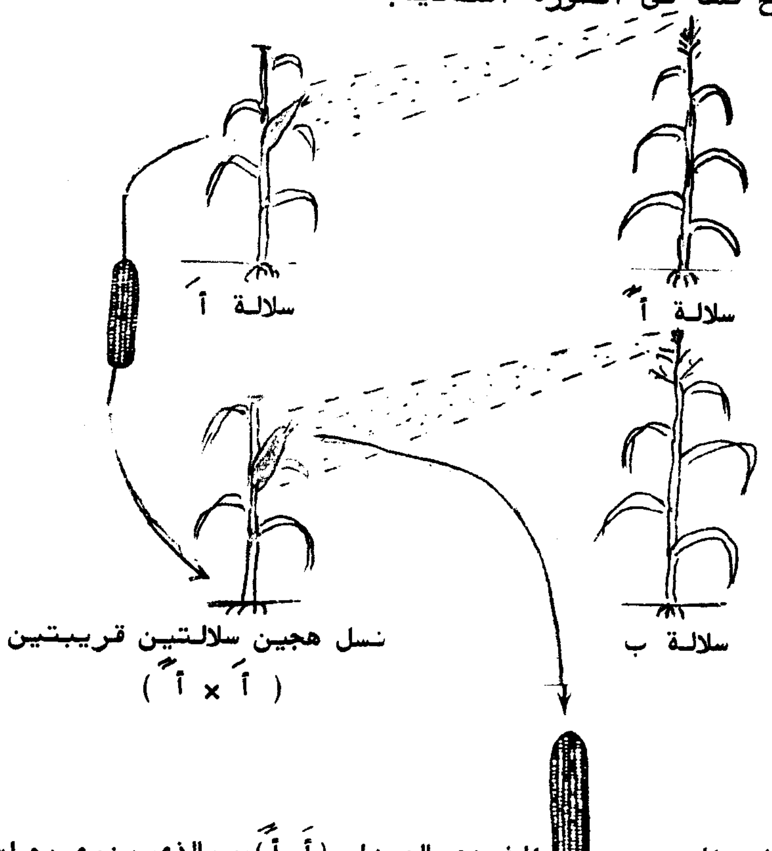


بذور الهجين الفردى (أ×ب)
التى تزرع بواسطة المزارعين

Modified single crosses

ثانيا : **الهجن الفردية المعدلة**

وهى نسل هجين ثلاثى ناتج من التهجين بين نسل سلالتين قريبتين كأم وسلالة متباعدة كأب ملقح كما فى الصورة التالية :



بذور الهجين الفردى المعدل (أَ×أً)×ب الذى يزرع بواسطة المزارع

والسلالتين القريبتين أَ، أً تكونان متشابهتان وراثيا بخصوص شكل النبات ولذلك يكون هناك أقل مايمكن من الانعزالات للصفات النباتية سهلة التمييز فى نسل هجينهم (أَ أً) ويكون الاختلاف الوراثى الى الحد الذى يظهر فيه قوة هجين للقوة والمحصول . ولأن نسل الهجين (أَ أً) يعطى محصولا من البذور أعلا من كلا من السلالتين أَ أو أً على حدة فان هذا الهجين يستخدم كأم فى الهجين الفردى المعدل . ويكون هذا الهجين الفردى المعدل مماثلا فى مظهره فى حقول الزراع للهجين الفردى الناتج من أحد السلالتين أَ أو أً مع السلالة ب .

ويتم انتاج بذور الهجين الفردى المعدل على خطوتين :

أ- تهجين السلالتين القريبتين أَ ، أً لانتاج بذور الهجين أَ أً

ب - تهجين الهجين أَ أً مع السلالة غير القريبة (ب) لانتاج بذور الهجين الفردى المعدل .

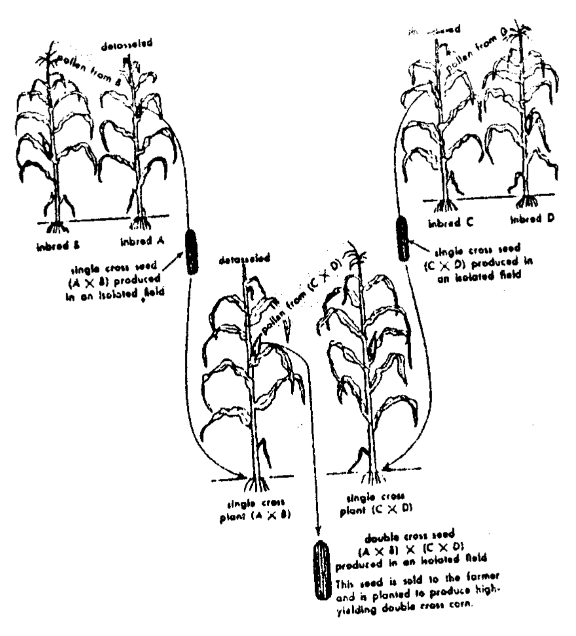
ويستخدم الهجين الفردى المعدل لزيادة كمية تقاوى الهجين التى تسوق للمزارعين وبذلك يقل تكلفة التقاوى ويصبح سعرها أرخص من تقاوى الهجين الفردى العادى .

ثالثا : الهجن الثلاثية

وهو نسل هجين بين هجين فردى وسلالة نقية . والهجين الثلاثى يختلف عن الهجين الفردى المَعدل فى أن كل السلالات الثلاثة تكون غير متقاربة وتكون أكثر تباعدا من الناحية الوراثية وأقل تماثلا فى المظهر . وتكون خطوات انتاج الهجين الثلاثى مماثلة لتلك المستعملة فى الهجين الفردى المعدل . وتقل قوة الهجين التى تظهر فى الهجين الثلاثى عن تلك فى الهجين الفردى حيث أن أعلا هجين فردى محصولا يزيد عن أعلا هجين ثلاثى .

رابعا : الهجن الزوجية

وهو نسل هجين بين هجينين فرديين . ويشمل الهجين الزوجى أربع سلالات غير متقاربة حيث تهجن فى أزواج لانتاج هجينين فرديين وهذه بالتالى تهجن لانتاج الهجين الزوجى كما فى الشكل التالى :-



ويتم هنا زراعة ٧ حقول لاكثار تقاوى الهجين الزوجى (٤ حقول للسلالات وحقلين لانتاج الهجين الفردية وحقل لانتاج الهجين الزوجى) بالمقارنة بثلاثة حقول فى الهجن الفردى وخمسة حقول فى الهجين الثلاثى . وزيادة الحقول فى انتاج تقاوى الهجين الزوجى تزيد من التكاليف والجهد المبذول .

ومنذ حوالى عام ١٩٦٠ تم بالولايات المتحدة استبدال تدريجى للهجين الزوجية ليحل محلها الهجن الفردية أو الهجن الفردية المعدلة أو الهجن الثلاثية وبالتالى فانه فى الوقت الحالى لاتشكل مساحة الهجين الزوجية الا نسبة بسيطة جدا من مساحة الذرة الهجين الكلية فى الولايات المتحدة .والهجن الزوجية ليست متماثلة المظهر مثل الهجن الفردية ولاتنتج محصول عالى مثلما تنتج أحسن الهجن الفردية من نفس مجموعة السلالات . وقد كان يعتقد فى الماضى أن التباين الوراثى الأكبر للهجن الزوجية يعطيها تأقلما أوسع وثبات محصولى أكبر عن الهجن الفردية ولكن الهجن الفردية المنتجة حاليا تظهر تماثلا مع الهجن الزوجيةفى هذا الخصوص بالاضافة الى أنها أكثر تماثلا فى المظهر وأعلا محصولا .

خامسا : هجن أخرى

هناك نوعين آخرين من الهجن هى الهجن القمية والهجن المتعددة .

أ- الهجن القمية

وهو نسل هجين ناتج من تلقيح سلالة نقية بحبوب لقاح متباينة وراثيا لعشيرة ما ، وقديما كانت الهجن القميةتنتج بتلقيح سلالة نقية بصنف مفتوح التلقيح وكانت تسمى أحيانا بهجن السلالة بالصنف
وفى الوقت الحاضر فان اكثر الهجن القمية استعمالا هى تلك الناتجة من تلقيح السلالة بهجين فردى .

ب - الهجن المتعددة

وهى الناتجة من أى توفيقة هجن باستعمال أكثر من أربعة سلالات .

سادسا : التهجين الصدفى Chance Hybridization

وينتج الهجين فى هذه الطريقة بزراعة مخلوط من بذور السلالات النقية (الخصبة ذاتيا) فى الحقل وتركها لتلقح بعضها طبيعيا ، ثم تحصد البذور فيكون بعضها ناتج عن الاخصاب الذاتى بينما الأغلبية تكون ناتجة عن التهجين (هجن فردية) ونظرا لاستخدام هذه الطريقة فى بعض محاصيل العلف التى تزرع زراعة كثيفة فان النباتات الهجينية ستكون أقوى فى المنافسة عن النباتات الذاتية فتزاحمها وتحد من نموها وبالتالى يكون أغلب الانتاج آت من نباتات هجينية .

وتتميز هذه الطريقة بأنها تجعل انتاج التقاوى رخيصا (لعدم التحكم فى التلقيح) مع الاستفادة من ظاهرة قوة الهجين ، ويجب أن تتوفر الشروط التالية لنجاح التهجين الصدفى :

١- ارتفاع نسبة التلقيح الخلطى بين الآباء بدرجة كبيرة .
٢- ان تكون الخصوبة الذاتية كاملة وأن ينجح التهجين بين كل الآباء بدرجة واحدة وكاملة .
٣- أن تزهر الآباء فى وقت واحد .
٤- أن تختبر الآباء فى قدرتها على الائتلاف وينتخب أفضلها والتى يتوقع أن تعطى أفضل هجن فردية ممكنة بينها .
٥- يفضل استعمال عدد يتراوح بين ٣ - ٥ آباء (سلالات نقية) .

استعمال العقم الذكرى السيتوبلازمى فى انتاج البذور الهجين :

قبل الخمسينات كانت تستخدم الطريقة التقليدية فى انتاج البذور الهجين عن طريق تطويش خطوط الأمهات والتى تتلقح بعد ذلك من خطوط الآباء

الملقحة . حيث كان يتم تطويش سلالة واحدة عند انتاج بذور الهجين الفردى وتطويش سلالة وهجين فردى عند انتاج الهجين الثلاثى وتطويش سلالتين وهجين فردى عند انتاج الهجين الزوجى .

وفى الخمسينات بدأ استعمال العقم الذكرى السيتوبلازمى (Cms) ليحل حل التطويش وذلك لندرة العمالة ولتقليل تكاليف التطويش ولكفاءة طريقة العقم فى الحصول على نسبة عالية من البذور الهجينية ولتقليل الضرر الذى يحدث للنباتات من عملية التطويش . وكان أكثر أنواع العقم استعمالا هو النوع التكساسى وكانت الخصوبة تستعاد للنباتات بواسطة جينين R_{f_1} ، R_{f_2} ولكن بعد ذلك اكتشف أن سلالات الذرة التى تحمل سيتوبلازم عقيم تكساس cms-T كانت سهلة الاصابة بلفحة الأوراق المتسببة عن الفطر Helminthosporium maydis حيث انتشرت عام ١٩٧٠ بدرجة وبائية لأن أكثر من ٩٠ ٪ من الذرة الهجين كان يحتوى على الـ cms - T . ولذلك توقف استعمال هذا العقم الذكرى السيتوبلازمى بعد عام ١٩٧٠ ورجع منتجوا بذور الذرة الهجين الى الطريقة القديمة لتطويش خطوط الأمهات . وفى نفس الوقت ظهرت مصادر جديدة من العقم الذكرى السيتوبلازمى (وحددت جينات معيدة للخصوبة) لم تكن قابلة للاصابة بالسلالات المعروفة من المسبب المرضى السابق ذكره . وبدأ منتجوا البذور الهجين مرة ثانية يستعملون باحتراس المصادر الجديدة من العقم الذكرى بخلطها مع البذور الناتجة من التطويش ، ويتم تحويل السلالات النقية الخصبة الى سلالات عقيمة السيتوبلازم بتهجينها بمصدر العقم ثم عمل عدة أجيال من التهجين الرجعى مستعملين السلالة كأب رجعى بشرط ألا تحمل السلالة جينا معيدا للخصب بالنسبة لهذا النوع من السيتوبلازم العقيم . أما السلالات التى سوف تستعمل كآباء ملقحة فيجب اضافة الجينات المعيدة للخصب لها بتهجينها أيضا مع مصدر هذه الجينات يتبع ذلك عدة تهجينات رجعية مع استعمال السلالة كأب رجعى .

ولتبسيط كيفية استعمال العقم الذكرى السيتوبلازمى فى انتاج الهجن

سوف نفترض أن السلالات الداخلة فى الهجين اما أن يكون بها سيتوبلازم عقيم (S) أو خصب (N) وهناك جين سائد معيد للخصب هو (R_f) يعطى استعادة كاملة للخصوبة :

أ- لاكثار السلالة العقيمة :-

يتم اكثار السلالة العقيمة S-rfrf بواسطة تلقيحها بنفس السلالة الخصبة N-nf rf ولاتحتوى أى منهم على الجينات المعيدة للخصب أى يكون تركيب كل منهم rf rf وبالتالى فان النسل سيكون عقيم الذكر حيث أن السيتوبلازم ينتقل أساسا عن طريق البيضة .

سلالة A (N- rf rf) خصبة الذكر	X	سلالة A (S- rf rf) عقيمة الذكر

↓

سلالة A
(S- rf rf)
عقيمة الذكر

ب- لاكثار الهجين الفردى (AXB)

تكون السلالة الأم (A) عقيمة الذكر أى (S - rf rf) والأب الملقح (B) يمكن أن يحتوى سيتوبلازم عادى (N) أو عقيم (S) ولكنه لابد أن يحتوى على الجينات المعيدة للخصوبة (Rf) ويكون الهجين الفردى الناتج AB عقيم السيتوبلازم وخليط وراثيا من حيث الجينات المعيدة للخصب S-Rf rf ولذلك فانه يكون منتجا لحبوب لقاح خصبه :

سلالة A X سلالة B

(S- rf rf) (N=or S - Rf Rf)

(عقيم) (خصب)

↓

هجين فردى AB

(S - Rf rf)

(خصب)

جـ - الهجين الثلاثى (A X B) X C

تكون السلالة (A) المستخدمة كأم فى الهجين الفردى عقيمة (S- rf rf) والسلالة (B) المستخدمة كأب فى الهجين الفردى تكون بسيتوبلازم خصب وجينات غير معيدة للخصب أى تركيبها N - rf rf وبذلك يكون الهجين الفردى الناتج (A X B) عقيم الذكر (N - rf rf)وتكون السلالة الثالثة (C) اما بسيتوبلازم خصب أو عقيم ولكنها تحتوى على الجينات السائدة المعيدة للخصب وبالتالى فان الهجن الثلاثى الناتج (AxB) x C بالرغم من احتوائه على سيتوبلازم عقيم فانه يكون خصب الذكر لاحتوائه على جين سائد معيد للخصب (S- Rf rf) فى حالة خليطة . وينتج الهجين الفردى المعدل بطريقة مشابهة للهجين الثلاثى

سلالة A X سلالة B

S - rf rf N rf rf

عقيمة خصبة

↓

هجين فردى (A X B) X سلالة C

(S- rf rf) (N or S - Rf Rf)

عقيم معيدة للخصب

↓

هجين ثلاثى (A X B) X C

(S - Rf rf)

خصب

د - الهجن الزوجى (A X B) x (C X D)

جعل السلالة A عقيمة السيتوبلازم S- rf rf والسلالة B المستخدمة كأب فى الهجين الفردى AB تكون خصبة السيتوبلازم وبها جينات غير معيدة للخصب N- rf rf وذلك يكون الهجين AB عقيم S- rf rf وجعل السلالة C عقيمة S - rf rf أما السلالة D فتكون معيدة للخصب N or S - Rf Rf

سلالة A (S - rf rf) عقيمة × سلالة B (B- rf rf) خصبة ← هجين فردى AB عقيم (S rf rf)

سلالة C (S- rf rf) عقيمة × سلالة D (Nor S- Rf Rf) معيدة للخصب ← هجين فردى CD (S- (Rf rf)

AB X CD ← هجين زوجى A B C D

٥٠ ٪ S- Rf rf (خصب)

٥٠ ٪ S - rf rf (عقيم)

وتكون ٥٠ ٪ من النباتات المنزرعة من الهجين الزوجى عند المزارع خصبة الذكر ولكن هذه النسبة تعطى كمية لقاح كافية للاخصاب . ويمكن عند اضافة الجينات المعيدة للخصب لكلا السلالتين C ، D مع عمل تطويش للسلالة C فان نباتات الهجين الزوجى كلها تكون خصبة :

سلالة A (S- rf rf) عقيمة × سلالة B (N-rf rf) خصبة ← هجين فردى AB (S - rf rf) عقيم

سلالة C (Rf Rf) معيدة للخصب × سلالة D (Rf Rf) معيدة للخصب ← هجين فردى CD (Rf Rf) معيد للخصب

AB × CD ← هجين زوجى ABCD (S - Rf rf)

خصب ١٠٠ ٪

الصنف التركيبى

Synthetic Variety

يشير المصطلح " تركيبى" Synthetic الى عشيرة أو صنف ناتج صناعيا ومركب بطريقة ما بواسطة المربى . ويعرف الصنف التركيبى على أنه الأجيال المتقدمة من خليط بذور مفتوحة التلقيح لمجموعة من السلالات strains أو السلالات الخضرية Clones أو السلالات النقية Inbreds أو الهجين بينهم

وتستعمل الأصناف التركيبية على نطاق واسع فى محاصيل العلف ولكنها قد تعمل أيضا فى الذرة وبنجر السكر والمحاصيل خلطية التلقيح الأخرى.ويسمح تصميم الصنف التركيبى باستغلال ظاهرة قوة الهجين وقد جعلت هذه الخاصية الصنف التركيبى طريقة تربية شائعة فى الاعلاف نظرا لأن الطرق التقليدية لاستغلال قوة الهجن من الصعب تطبيقها فى معظم محاصيل العلف.

ولطريقة تكوين الصنف التركيبى عدة مواصفات أساسية :-

أ- يتركب الصنف التركيبى من وحدات تكاثرية لمحصول خلطى التلقيح (سلالات خضرية فى محاصيل العلف وسلالات نقية فى الذرة وبنجر السكر).

ب - تنتخب المواد الداخلة فى الصنف التركيبى على أساس مظهرها فى اختبارات القدرة على الائتلاف combining ability

ج - يتركب الصنف التركيبى بواسطة التلقيح العشوائى بين المواد الأبوية المختلفة .

د- يجب الابقاء على الآباء حتى يمكن للصنف التركيبى أن يعاد تركيبه على فترات منتظمة .

وتشمل طريقة تكوين صنف تركيبى من محاصيل العلف على الخطوات التالية :

أ- <u>الحقل الأصلى</u> : Source Nursery

بصرف النظر عن المحصول المرغوب تحسينه فانه من المهم أن نبدأ بمجموعة كبيرة من النباتات المنتخبة والمجمعة من مصادر عديدة وذلك لنضمن وجود

قاعدة عريضة من التباين الوراثى ، فمن المفضل وجود سلالات خضرية قوية وعالية الانتاج حتى يمكن الابقاء عليها بسهولة ويمكن التوقع بأن انسالها الهجينية تكون قوية وعالية الانتاج عند اختبار القدرة على الائتلاف . والنباتات المنتخبة الأصلية قد تأتى من مراعى قديمة معروفة أو أصناف محسنة أو مستوردات أو عشائر ناتجة من عدة دورات من الانتخاب الدورى أو من مصادر أخرى (انظر الرسم التالى) :

الحقل الأصلى

السلالات اللخضرية

٢١ - ٢٥ نبات لكل سلالة

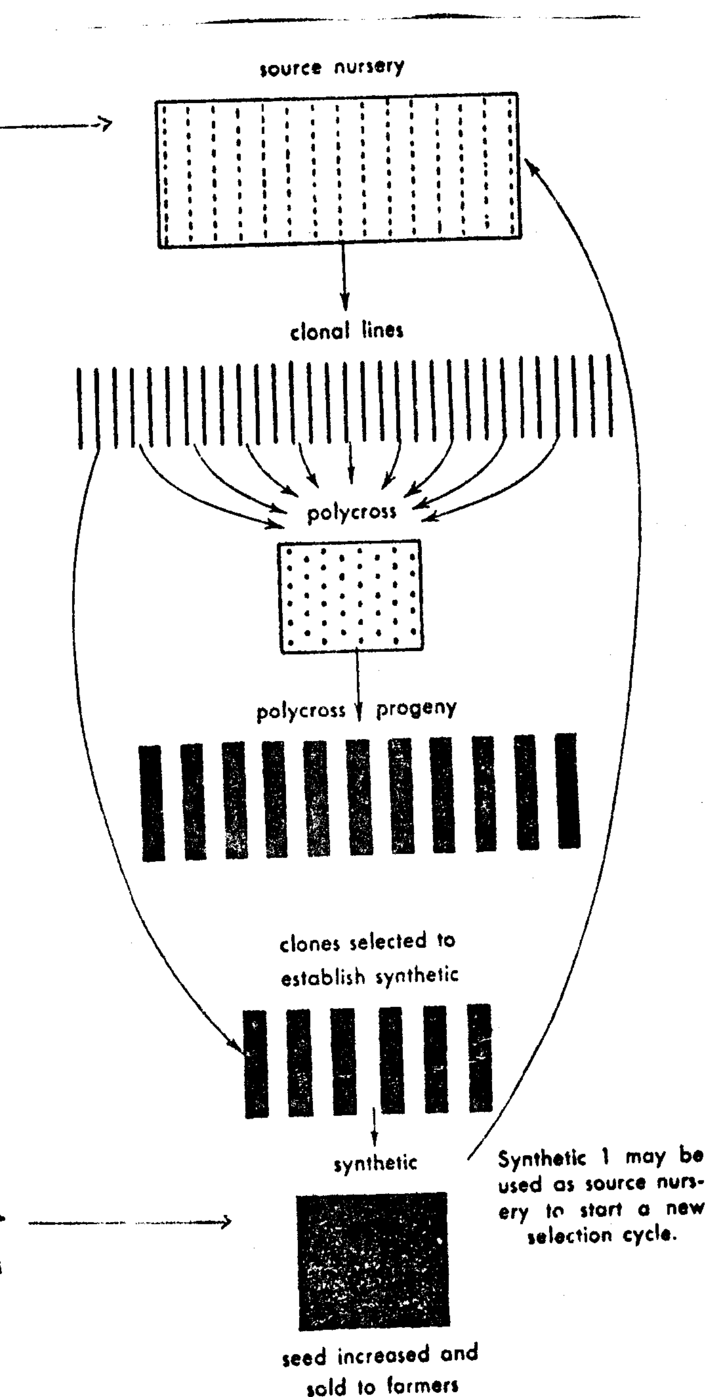
عمل التلقيح المتعدد

اختبار أنسال التلقيح المتعدد

السلالات الخضرية المنتخبة تخلط لتكون الجيل التركيبى Syn o

تحصد السلالات لتكون الجيل التركيبى Syn-1 حقل أصلى لبداية دورة انتخابية جديدة

أو يستعمل لإنتاج الجيل التركيبى الثانى Syn-2 لزيادة كمية التقاوى التى تباع للزارعين



رسم ٣ يبين طريقة تربية صنف تركيبى ذو سلالات خضرية مقدرة فى محصول علف

ب ـ حقل السلالات الخضرية :- clonal lines

من الحقل الأصلى يتم اختيار النباتات المتفوقة بالفحص المظهرى أوبأى طريقة أخرى ويعمل منها سلالات خضرية ، وتشمل السلالة الخضرية على ٢٠ ـ ٢٥ نبات تتكاثر خضريا من كل نبات منتخب . ويعمل انتخاب للسلالات الخضرية للحصول على القوى منها من حيث صفات مرغوبة معينة ، وتعريض هذه السلالات لظروف تقسية مثل الأمراض والبرودة والجفاف سوف يساعد فى تحديد السلالات ذات النوعيات المتفوقة ويتم انتخاب ٢٥ ـ ٥٠ سلالة متفوقة للاختبارات التالية .

جـ ـ عمل التلقيح المتعدد polycross

يتم الحصول على البذور لعمل اختبار القدرة على الائتلاف بواسطة اختبار التلقيح المتعدد . والتلقيح المتعدد هو طريقة يتم فيها تلقيح عشوائى بين سلالات خضرية فى مجموعة منعزلة بواسطة التلقيح الطبيعى ،فيزرع ٢٥ ـ ٥٠ سلالة خضرية (مأخوذة من حقل السلالات الخضرية) فى مكان معزول ويكرروا بطريقة بحيث يمكن لأى نبات أن يتلقح بعينه حبوب لقاح عشوائية متكونة من خليط من السلالات الأخرى . ويتم حصاد بذور كل سلالة على حدة .

د ـ اختبار نسل الهجن المتعددة polycross progery test

تزرع البذور الناتجة من التلقيح المفتوح والمحصودة من كل سلالة خضرية فى اختبار للنسل لتقييم المحصول والصفات الأخرى . ويتم اختيار ٥ ـ ١٠سلالات خضرية أو أكثر متفوقة فى القدرة على الائتلاف التى قيست حسب مظهرها فى اختبار النسل وتكون هذه السلالات هى آباء الصنف التركيبى .

هـ ـ الجيل التركيبى الأصلى Syn_0 - generation

بعد اختبار السلالات الخضرية التى سوف تستعمل فى الصنف التركيبى تؤخذ بذور من السلالات الأصلية وتخلط ويزرع خليط البذور فى منطقة معزولة وهذا يكون الجيل التركيبى رقم صفر.

و - **الجيل التركيبى الأول** Syn-1 - generation

البذور المفتوحة التلقيح التى حصدت من نباتات الجيل التركيبى الأصلى تزرع فى حقل معزول لانتاج نباتات الجيل التركيبى الأول . التى تترك أيضا للتلقيح العشوائى الطبيعى.

ز - **الجيل التركيبى الثانى** Syn-2 - generation

البذور المفتوحة التلقيح التى حصدت من نباتات الجيل التركيبى الأول تزرع فى حقل معزول لانتاج نباتات الجيل التركيبى رقم ٢ . والتى تترك أيضا للتلقيح العشوائى الطبيعى.

والهدف من زراعة الأجيال التركيبية الأول والثانى هو زيادة كمية البذور التى سوف تكون متوفرة للبيع للمزارع . فلو أمكن انتاج كمية من البذور فى الجيل Syn-1 لتواجه حاجة السوق فانه ليس من الضرورى زراعة الجيل التركيبى الثانى (Syn-2) ويقابل الجيل التركيبى الاول (Syn-1) بالجيل الهجينى الأول (F_1) فى التهجين التقليدى بينما الجيل التركيبى الثانى (Syn-2) فهو يقابل الجيل الهجينى الثانى (F_2) . وكل جيل زيادة فى الصنف التركيبى بعد الـ Syn-1 سيكون هناك نقص متتالى فى القوة ولذا فان الأصناف التركيبية نادرا ماتترك لما بعد الـ Syn-2 . ويجب الابقاء على السلالات الخضرية الأصلية حتى يمكن اعادة تركيب الصنف التركيبى عندما يتطلب تجديد حقول البذرة . وقد يستخدم الجيل التركيبى الأول Syn-1 كحقل أصلى Source nursery تستنبط منه سلالات خضرية جديدة يمكن استعمالها فى المستقبل لأصناف تركيبية جديدة.

ويمكن انتاج صنف تركيبى فى الذرة بطريقة مشابهة ماعدا أن المربى سوف يعمل على سلالات نقية Inbreds بدلا من سلالات خضرية . والسلالات النقية المستعملة كآباء فى الصنف التركيبى يجب اختيارها على أساس اختبارات القدرة على الائتلاف . فيجب تهجين هذه السلالات فى كل الاتجاهات الممكنة لانتاج البذور المطلوبة لزراعة الجيل التركيبى الأول Syn-1 . كما وأنه يمكن

انتاج الأصناف التركيبية فى محاصيل خلطية أخرى بتطبيق طرق مشابهة .

وفى الذرة كان هناك اهتمام أكبر لاستنباط أصناف تركيبية لاستخدامها فى البلاد النامية التى ينقصها البنية الأساسية لانتاج وتوزيع الهجن . وبهذه الأصناف التركيبية يمكن للمزارع أن يزرع من تقاويه الخاصة وليس من الضرورى شراء تقاوى جديدة كل سنة كما فى حالة الهجن ، ولأجل الحفاظ على المستوى الأصلى من قوة الصنف التركيبى فلابد من اعادة تركيب الصنف بانتظام والا فان العشيرة سوف تتحول ببساطة الى صنف مفتوح التلقيح .

.. .. ..